পশ্চিমবংগ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ প্রবর্তিত Chemistry-র পাঠ্যসূচী অনুসারে উচ্চ মাধ্যমিক ও সর্বার্থসাধক বিদ্যালয়সমূহের নবম হইতে একাদশ শ্রেণীর ছাত্রছাত্রীদের জন্য লিখিত।

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ খণ্ড]

(নবম, দশম ও একাদশ শ্রেণীর পাঠ্য)

শ্রীপ্রিয়নাথ কুণ্ডু এম্. এস্-সি.

উপাধ্যক্ষ, সুরেন্দ্রনাথ কলেজ, কলিকাতা;
কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের মাধ্যমিক পরীক্ষায় ব্যাবহারিক রসায়নের প্রধান পরীক্ষক

সেন্ট্রাল বুক এজেন্সী
১৪, বঙ্কিম চ্যাটার্জি ষ্ট্রীট • কলিকাতা-১২

প্রকাশক ঃ
দি সেণ্ট্রাল বুক এজেন্সীর পক্ষে
শ্রীযোগেন্দ্র নাথ সেন, বি. এস্-সি.
১৪, বঙ্কিম চ্যাটার্জী ষ্ট্রীট
কলিকাতা—১২

প্রথম সংস্করণ ১৯৫[illegible]

মূল্য ছয় টাকা মাত্র

মুদ্রাকর ঃ
শ্রীঅবনীরঞ্জন মান্না
নিউ মহামায়া প্রেস
৬৫।৭, কলেজ ষ্ট্রীট
কলিকাতা—১২

ভূমিকা

আমার প্রাক্তন ছাত্র, সুরেন্দ্রনাথ কলেজের উপাধ্যক্ষ শ্রীপ্রিয়নাথ কুণ্ডু প্রণীত **উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন** নামক পুস্তকখানি পড়িয়া আমি পরম প্রীতি লাভ করিলাম। বাংলা ভাষায় বিজ্ঞানের পুস্তক প্রণয়ন অত্যন্ত দুরূহ এবং এই ব্যাপারে উপযোগী বৈজ্ঞানিক পরিভাষার সৃষ্টি ও সংকলনই প্রধান বাধা। কিন্তু এবিষয়ে গ্রন্থকার অনেকটা সফলকাম হইয়াছেন। তাঁহার ভাষার প্রাঞ্জলতা এবং রচনাশৈলী যে নূতন শিক্ষার্থীদের নিকট রসায়নশাস্ত্রপাঠ সহজবোধ্য ও সুখপাঠ্য করিবে তাহাতে আমার কোন সন্দেহ নাই। তাঁহার এই প্রচেষ্টা সত্যই প্রশংসনীয় এবং আমার দৃঢ় বিশ্বাস, বিজ্ঞানের বিবিধ শাখায় বহু বিজ্ঞানীর এইরূপ উদ্যমের ফলেই বাংলা ভাষায় বিজ্ঞানের পুস্তক রচনা একদিন সহজসাধ্য হইয়া উঠিবে।

আমি মনে করি, এই পুস্তকখানি সুকুমারমতি ছাত্র-ছাত্রীদের পক্ষে বিশেষ উপযোগী হইয়াছে এবং আশা করি, ইহা শিক্ষক ও শিক্ষার্থিগণের সমাদর লাভ করিবে।

শ্রীপুলিনবিহারী সরকার
কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের
রসায়ন বিভাগের প্রধান অধ্যাপক

বিশ্ববিদ্যালয়-বিজ্ঞান কলেজ
৯২, আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র রোড
কলিকাতা—৯
২১।৫।৫৯

পূর্বাভাষ

মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক নবম, দশম ও একাদশ শ্রেণীর ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য নির্দিষ্ট পাঠ্যক্রম অনুসারে এই পুস্তকখানি লিখিত হইল। ইহা উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়ের ছাত্র-ছাত্রীদের পাঠের পক্ষে স্বয়ংসম্পূর্ণ এবং পঠন-পাঠনের সুবিধার জন্য ইহাকে চারি খণ্ডে ভাগ করা হইয়াছে। ইহার প্রথম খণ্ডে ভৌত রসায়ন, দ্বিতীয় খণ্ডে অধাতু, তৃতীয় খণ্ডে ধাতু এবং চতুর্থ খণ্ডে জৈব রসায়নের বিষয় আলোচিত হইয়াছে। কিন্তু ইহার কোন্ অধ্যায় কোন্ শ্রেণীর ছাত্র-ছাত্রীদের পাঠ্য তাহা সূচীপত্রে বন্ধনীর মধ্যে উল্লিখিত আছে।

ইহাতে প্রধানতঃ কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃক প্রকাশিত পরিভাষাই ব্যবহৃত হইয়াছে। কিন্তু রসায়ন-বিজ্ঞানে ব্যবহৃত সমস্ত ইংরেজী পদের বাংলা পরিভাষা বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃক প্রকাশিত পুস্তিকায় না থাকায় গ্রন্থকারকে কতকগুলি নূতন শব্দ পরিভাষারূপে ব্যবহার করিতে হইয়াছে। কিন্তু এই সমস্ত বৈজ্ঞানিক শব্দ ও পদ যাহাতে সহজবোধ্য হয় সেইজন্য ইহাদের প্রায় প্রত্যেকটির সহিত বন্ধনীর মধ্যে তাহার ইংরেজী প্রতিশব্দ দেওয়া হইয়াছে।

যতদূর সম্ভব উপযোগী ও সহজবোধ্য ভাষায় ইহা লিখিত হইয়াছে। কিন্তু এ বিষয়ে গ্রন্থকার কতদূর কৃতকার্য হইয়াছে তাহা সুধী শিক্ষকবৃন্দের বিচার্য। তাঁহাদের নিকট গ্রন্থকারের বিনীত অনুরোধ, তাঁহারা যেন তাঁহাদের সুচিন্তিত ও সারগর্ভ পরামর্শদানে গ্রন্থকারের এই প্রচেষ্টায় সাহায্য করিয়া তাহাকে চিরকৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করেন।

বিনীত

গ্রন্থকার

সূচীপত্র

প্রথম খণ্ড

ভৌত রসায়ন

দ্বিতীয় খণ্ড

অধাতু

তৃতীয় খণ্ড

ধাতু ও ধাতব যৌগ

চতুর্থ খণ্ড

কারবনের যৌগসমূহ—জৈবরসায়ন

প্রথম খণ্ড

প্রথম অধ্যায়

অবতরণিকা

(১) আধুনিক মানব সমাজে রসায়ন বিজ্ঞানের অবদান :

পরীক্ষা-নল (Test-tube) হইতে বিংশ শতাব্দীর সভ্যতা সৃষ্ট হইয়াছে। চারিদিকে লক্ষ্য করিলেই নানাক্ষেত্রে রাসায়নিকের কৃতিত্ব আমাদের দৃষ্টিগোচর হয়। রাসায়নিক প্রথমে বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বস্তুর উপাদান সম্বন্ধে জ্ঞান আহরণ করেন। তারপর তিনি সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে বিভিন্ন উপাদানের সংযোজন দ্বারা নানাবিধ দ্রব্য প্রস্তুত করিয়া থাকেন। এইভাবে তিন লক্ষেরও অধিক দ্রব্য পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হইয়াছে যাহার মাত্র একটি ক্ষুদ্র অংশ প্রকৃতি হইতে আহরণ করা যায়। রাসায়নিক শুধু দ্রব্যই প্রস্তুত করেন না। তিনি পদার্থের প্রকৃতি, গুণ ও ধর্ম-সম্বন্ধীয় সমস্ত জ্ঞাতব্য বিষয় জানিয়া থাকেন। তারপর তাঁহার এই আহরিত জ্ঞান নানাক্ষেত্রে প্রযুক্ত হইয়া আমাদিগকে নানাভাবে সাহায্য করে।

রসায়ন বিজ্ঞানকে ক্ষমতা-বিজ্ঞান (Science of power) বলা যাইতে পারে। কারণ জীবজগতের সমস্ত শক্তির এবং বায়ু ও জল প্রবাহ চালিত যন্ত্র ভিন্ন অন্যান্য যন্ত্রের শক্তির মূল উৎস সাধারণতঃ এক শ্রেণীর রাসায়নিক বিক্রিয়া (chemical reaction)। শক্তি উৎপাদনকারী এই সমস্ত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন জারিত হইয়া জলে ও কারবন জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। ইন্ধন (fuel) ও খাদ্য বাতাসের অক্সিজেন সহযোগে পৃথিবীর প্রায় সমস্ত গতি উৎপাদক শক্তি সরবরাহ করে। মোটরগাড়ী ও হাতী, অ্যারোপ্লেন ও ঈগল পাখী, স্টীমার ও তিমি মাছ গতিহীন ও প্রাণহীন হইয়া পড়ে যদি তাহাদের মধ্যে কারবন ও হাইড্রোজেনের জারণ দ্বারা শক্তির সঞ্চার না হয়।

নানাবিধ এঞ্জিন চালনায় কয়লা ও পেট্রল পোড়ান হয়। ইহা কারবন ও হাইড্রোজেনের জারণ ভিন্ন অন্য কোন প্রক্রিয়া নহে। ইহারই সাহায্যে রেলগাড়ী, স্টীমার, জাহাজ ও অ্যারোপ্লেন ব্যবহার করিয়া পৃথিবীর বিভিন্ন দেশের মধ্যে দূরত্ব যথাসম্ভব কমান হইয়াছে যাহার ফলে আমাদের সুখ ও সুবিধা বহুগুণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে। প্রাণীজগৎ যে খাদ্য হজম করে তাহাও উৎসেচক বা এন্‌জাইমের

সাহায্যে একপ্রকার জারণক্রিয়া। খাদ্য-বিজ্ঞানে রসায়নের দান অশেষ। ইহার সাহায্যে খাদ্যের শ্রেণীবিভাগ সম্ভব হইয়াছে। কোন্ শ্রেণীর মানুষের পক্ষে কোন্ শ্রেণীর খাদ্য বেশী প্রয়োজনীয় তাহাও রসায়নের সাহায্যে জানা গিয়াছে। সুতরাং আমাদের স্বাস্থ্য, পুষ্টি ও আয়ু অনেকাংশে নির্ভর করে আমাদের রসায়নের জ্ঞান ও তাহার প্রয়োগের উপর।

নানাপ্রকার জীবাণুনাশক ও কীটঘ্ন রাসায়নিক দ্রব্যের প্রয়োগে আমাদের স্বাস্থ্য-ব্যবস্থার উন্নতিসাধন করিয়া আমরা বীজাণুঘটিত পীড়ার হাত হইতে রক্ষা পাইয়াছি ও জমির শস্য রক্ষা করিবার ব্যবস্থা করিয়া খাদ্যশস্যের অপচয় হ্রাস করিয়াছি। রাসায়নিক জ্ঞানের সাহায্যে আমরা বিবিধ প্রকার জমির সার উৎপাদন করিয়া তাহাদের প্রয়োগে খাদ্যশস্যের উৎপাদনও বৃদ্ধি করিয়াছি। ক্লোরোফরম, হাস্যকর গ্যাস প্রভৃতি চেতনানাশক রাসায়নিক দ্রব্যের প্রয়োগে কঠিন অস্ত্রোপচারকে বেদনাহীন করিয়া দূরারোগ্য ও কষ্টদায়ক পীড়া ও মৃত্যুর হাত হইতে রক্ষা পাইয়াছি। সুতরাং এই সমস্ত অভিজ্ঞতা হইতে বলা যাইতে পারে যে জীবন ও মৃত্যু-নিয়ন্ত্রণে রসায়ন বিজ্ঞানের প্রভাব অত্যধিক।

রসায়ন বিজ্ঞানকে গণতান্ত্রিক বিজ্ঞানও বলা যাইতে পারে। কারণ, যে সুখ-স্বাচ্ছন্দ্য ও আমোদ-প্রমোদ শুধু মাত্র রাজা-বাদসাহ ও অন্যান্য ধনী ব্যক্তির উপভোগ্য ছিল তাহা এই বিজ্ঞানের অনুকম্পায় এখন সর্বসাধারণের লভ্য হইয়াছে। সাধারণ উদাহরণদ্বারাই ইহা প্রমাণ করা যাইতে পারে। রোম সম্রাটদের রাজত্বকালে আল্পস্ পর্বত হইতে রোমে বরফ আনিয়া ধনীসম্প্রদায়ের আনন্দবর্ধন করা হইত। এই সেদিন ইস্ট ইণ্ডিয়া কোম্পানীর আমলে ইংলণ্ড হইতে কলিকাতায় বরফ আনিয়া ধনী ব্যক্তিদের নিকট উচ্চমূল্যে বিক্রয় করা হইত। আর বর্তমান সময়ে শীতকদ্রব্যের প্রয়োগে বরফকলে পর্যাপ্ত পরিমাণে বরফ উৎপন্ন হইয়া সর্বসাধারণের ভোগ্যবস্তুরূপে অতি অল্পমূল্যে বিক্রীত হইতেছে। খনিজ তৈল ও বিদ্যুৎপ্রবাহের সাহায্যে যে আমরা রাত্রের অন্ধকার দূর করিতে সক্ষম হইয়াছি তাহাও রসায়নের কৃপায়। একদা ন্যক্কারজনক জঞ্জাল বলিয়া গণ্য আলকাতরা হইতেও রসায়নের সাহায্যে নানারূপ রঞ্জক তৈয়ারী হইয়া বহুপ্রকার নয়নাভিরাম পোষাক-পরিচ্ছদ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইতেছে। উহা হইতে নানারূপ রোগনাশক ঔষধ প্রস্তুত হইয়া আমাদের অশেষ উপকারসাধন করিতেছে। রসায়নের সাহায্য ব্যতীত গ্রামোফোন, সিনেমা, রেডিও, টেলিভিসন প্রভৃতির উদ্ভাবন সম্ভব হইত না। ইহার সাহায্য ব্যতীত আকাশচুম্বী হর্ম্যরাজি, নানাপ্রকার আবশ্যকীয় ধাতু ও সংকর ধাতুর প্রস্তুতি সম্ভব ছিল না এবং কাগজ শিল্পের ও মুদ্রাযন্ত্রের এরূপ প্রভূত

উন্নতি সম্ভবপর ছিল না। সুতরাং ইহার সাহায্য না লইলে জ্ঞান-বিজ্ঞানেরও এরূপ উন্নতি ও বিস্তৃতি কখনও সাধিত হইত না। এইহেতু ইহা মনে করা ভুল হইবে না যে রসায়ন বিজ্ঞানই পথপ্রদর্শক রূপে জ্ঞানের আলো দরিদ্রের পর্ণকুটীরে বিতরণ করিয়াছে।

এই বিজ্ঞানের সাহায্যেই আমরা পরিষ্কার-পরিচ্ছন্ন থাকিতে সক্ষম হইয়াছি। বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে সোডা প্রস্তুত হইবার পূর্বে সাজিমাটি, গাছগাছড়া পোড়ানো ভস্ম প্রভৃতি প্রকৃতিজাত ক্ষারই সচরাচর পরিষ্কারক রূপে ব্যবহৃত হইত। কিন্তু বর্তমানে এই বিজ্ঞানের কৃপায় আমরা স্বল্পব্যয়ে ও সামান্য পরিশ্রমে শুধু আমাদের পোশাক-পরিচ্ছদই ইচ্ছামত পরিষ্কার রাখিতে সক্ষম হই নাই, নানাপ্রকার সাবান, সুগন্ধী ও প্রসাধনদ্রব্য ব্যবহার করিয়া আমরা মনকেও উৎফুল্ল রাখিতে পারিয়াছি।

ইহা একটি ব্যবহারিক বিজ্ঞান। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ইহার মঙ্গল-স্পর্শ আমরা প্রায় সর্বদাই অনুভব করিয়া থাকি। ইহা সর্বাপেক্ষা অধিকসংখ্যক বৃত্তির পথ খুলিয়া দিয়াছে। যোগ্য রাসায়নিকের সম্মুখে দুইশ্রেণীর পথ উন্মুক্ত। ইচ্ছা করিলে সে শিক্ষাবিভাগে কর্মগ্রহণ করিতে পারে। নতুবা নানাবিধ শিল্পে নিযুক্ত থাকিয়া সম্মানিত ব্যক্তির ন্যায় জীবন অতিবাহিত করিতে পারে। খনিজ হইতে লৌহ, ইস্পাত, তাম্র, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশনে, নানারূপ অত্যন্ত প্রয়োজনীয় সংকর ধাতুর প্রস্তুতিতে, সার, খাদ্য, রঞ্জক, ঔষধ, সাবান, খনিজ ও উদ্ভিজ্জ তৈল, রবার, সিমেণ্ট, বিস্ফোরক, সালফিউরিক অ্যাসিড, জাহাজ, রেলগাড়ী, মোটরগাড়ী, অ্যারোপ্লেন ও অন্যান্য অসংখ্য শিল্পে রাসায়নিকের নিয়োগ নিতান্তই অপরিহার্য। এই সমস্ত শিল্পকে প্রতিযোগিতা ক্ষেত্রে দাঁড় করাইতে হইলে রাসায়নিকের জ্ঞান ও কর্মকুশলতার সঙ্গে ইহাদের উৎপাদন-কৌশলেরও যথেষ্ট উন্নতিসাধনের প্রয়োজন। সুতরাং ইহাদের উৎপাদন-কৌশল বৃদ্ধির ব্যাপারে রসায়ন বিজ্ঞান অপ্রত্যক্ষভাবে সাহায্যকারী।

কিন্তু অপরপক্ষে ইহা একটি ভয়প্রদ ও করুণা উদ্দীপক বিজ্ঞান। বারুদ হইতে আরম্ভ করিয়া হাইড্রোজেন বোমা পর্যন্ত যুদ্ধে ব্যবহৃত যাবতীয় ভয়ংকর ভয়ংকর মারণাস্ত্র প্রস্তুত করিতে রসায়ন বিজ্ঞানই মানুষকে সাহায্য করিয়াছে। বর্তমানে আমাদের দেশে জীবনধারণের পক্ষে অত্যাবশ্যকীয় দ্রব্যে ভেজাল মিশাইবার জন্য আমরা যে ব্যাধিগ্রস্ত হইয়া ধীরে ধীরে মৃত্যুর দিকে অগ্রসর হইতেছি তাহাও রসায়নের সাহায্যে ঘটিতেছে। কিন্তু সেজন্য এই বিজ্ঞানকে বা রাসায়নিককে দায়ী করা চলে না। সম্যকরূপে জ্ঞানলাভের জন্য কঠোর তপস্যায় ও তাহার সাধনালব্ধ জ্ঞানের প্রয়োগে জীবজগতের মঙ্গলসাধনেই বিজ্ঞানীর আনন্দ ও

তৃপ্তি। কিন্তু যদি স্বার্থান্ধ মানুষ বিজ্ঞানীর তপস্যালব্ধ জ্ঞানের অপপ্রয়োগ করে তাহার জন্য দায়ী মানুষের আদিম পশুপ্রকৃতি।

(২) রসায়নচর্চার ইতিহাসঃ

কি প্রকারে যে প্রথম রসায়নচর্চা আরম্ভ হইয়াছিল তাহা ঠিকভাবে জানা অসম্ভব। তবে অনুমান করা যাইতে পারে যে আত্মরক্ষা ও দৈনন্দিন জীবনের সুবিধার জন্যই মানুষ সুদূর অতীতে নিজের অজ্ঞাতসারে উহা আরম্ভ করিয়াছিল। প্রথম রসায়নচর্চার সৌভাগ্য যে কোন্ দেশে হইয়াছিল সে সম্বন্ধেও প্রভূত মতভেদ আছে। পাশ্চাত্য পণ্ডিতগণের মতে প্রাচীন মিশরেই প্রথম রসায়নচর্চা হইয়াছিল। মিশরের একটি নাম **কিমিয়া** অর্থাৎ কালো মাটির দেশ। কাহারও কাহারও মতে রসায়নের বর্তমান ইংরেজী প্রতিশব্দ **Chemistry** কিমিয়া হইতে উদ্ভূত। আবার কাহারও কাহারও মতে এই ইংরেজী শব্দ একটি গ্রীক শব্দ হইতে উদ্ভূত যাহার অর্থ, মিশান অথবা জলে ভিজাইয়া নিষ্কাশন। খৃষ্ট জন্মের তিন-চার হাজার বৎসর পূর্বে মিশরীয়গণ কাদায় প্রস্তুত ইট ও মৃৎপাত্র পোড়াইবার ও খনিজ হইতে ধাতু নিষ্কাশন পদ্ধতি বিদিত ছিলেন। ইহারা বিকৃতির হাত হইতে রক্ষা করিবার জন্য মৃতদেহ বিশেষ গুণসম্পন্ন তৈলপ্রয়োগে **মামী**-তে পরিণত করিবার পদ্ধতিতেও সিদ্ধহস্ত ছিলেন।

কিন্তু প্রাচ্য মনীষিগণের মতে এই ভারতবর্ষই রসায়নের আদি জননী। হরপ্পা ও মহেঞ্জোদাড়োতে প্রাপ্ত নিদর্শন হইতে জানা গিয়াছে যে বৈদিক পূর্ব যুগেও ভারতীয়গণ মৃৎশিল্পে ও ধাতু নিষ্কাশন শিল্পে অভিজ্ঞ ছিলেন। বৈদিক যুগে ঋষিগণ যে রসায়ন শাস্ত্রের ব্যবহারিক ও দার্শনিক বা তত্ত্বীয় এই দুই দিকেরই চর্চা করিতেন তাহার বহু নির্ভরযোগ্য প্রমাণ আছে। পদার্থের গঠন সম্পর্কে **পরমাণুবাদ** হিন্দু দার্শনিক **কনাদ** দ্বারাই সর্বপ্রথমে ঘোষিত হইয়াছিল। হিন্দু দার্শনিকগণের মতে ক্ষিতি (মাটি), অপ্ (জল), তেজ (অগ্নি), মরুৎ (বায়ু) ও ব্যোম্ (আকাশ) এই পঞ্চভূত বিশ্বের যাবতীয় জড়পদার্থের পাঁচটি মৌলিক উপাদান। ধাতুজ ও উদ্ভিজ্জ ঔষধও সে সময়ে রোগ নিরাময়ে ব্যবহৃত হইত। ভারতীয় রাসায়নিক নাগার্জুনের নাম হিন্দু-রসায়নের ইতিহাসে স্বর্ণাক্ষরে লিখিত আছে। হিন্দুসভ্যতার সংস্পর্শের ফলে রসায়ন শাস্ত্র গ্রীসে নীত হয়। লিউকীপ্পাস, অ্যারিস্টটল প্রভৃতি প্রখ্যাত গ্রীক দার্শনিকগণ জড়পদার্থের গঠন সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদ প্রচার করেন। ইঁহাদের মতে মাটি, জল, আগুন ও বাতাস এই চারিটি আদিম মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন প্রকার সংযোগে যাবতীয় জড়পদার্থ গঠিত।

আরবগণ ভারতবর্ষ ও মিশর হইতে রসায়নের অনুশীলন নিজেদের দেশে লইয়া যান। তারপর তাঁহাদের মাধ্যমে উহা প্রথমে স্পেনে নীত হয় এবং স্পেন হইতে উহা ক্রমে ক্রমে ইউরোপের অন্যান্য দেশে ছড়াইয়া পড়ে।

মধ্যযুগে **পরশপাথর** (Philosopher's Stone) ও **অমৃতের** (Elixir) সন্ধান অ্যাল্‌কেমী রাসায়নিকগণের রসায়নচর্চায় প্রভূত উদ্যম যোগাইয়াছিল। তাঁহারা মনে করিতেন যে পরশপাথর লাভ করিতে পারিলে তাহার দ্বারা অবর ধাতুকে স্বর্ণে পরিণত করা সম্ভব হইবে, অমৃত প্রস্তুত করিতে সক্ষম হইলে জরা ও ব্যাধির হস্ত হইতে মনুষ্যসমাজ রক্ষা পাইবে এবং অবর ধাতু হইতে স্বর্ণ প্রস্তুতির ফলে দারিদ্র্য চিরতরে দূরীভূত হইবে। কিন্তু যদিও তাঁহারা এই দুইটি বস্তু প্রস্তুত করিতে অক্ষম হইয়াছিলেন তবুও তাঁহাদের প্রচেষ্টায় নূতন নূতন বহু আবশ্যকীয় পদ্ধতি ও বস্তু আবিষ্কৃত হইয়াছিল। এইরূপে ধীরে ধীরে অগ্রসর হইবার পর অবশেষে 1774 খৃষ্টাব্দে প্রসিদ্ধ ফরাসী রাসায়নিক ল্যাভয়সিয়ের উদ্ভাবনী শক্তির প্রভাবে আধুনিক রসায়ন জন্মগ্রহণ করে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

পদার্থ

জীবনের প্রারম্ভ হইতে মৃত্যু পর্যন্ত আমাদের চক্ষু, কর্ণ, নাসিকা, জিহ্বা ও ত্বক এই পঞ্চ জ্ঞানেন্দ্রিয়ের সাহায্যে আমরা জগতের নানাবিধ বিষয়সমূহের সংস্পর্শে আসিয়া তাহাদের স্বরূপ অনেকটা নির্ণয় করিয়া থাকি। এই ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য বস্তু ও বিষয়সমূহকে **পদার্থ** ও **শক্তি** এই দুই ভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। পদার্থের এমন কতকগুলি বিশেষ গুণ বা ধর্ম আছে যাহা শক্তির নাই। প্রথমতঃ পদার্থ সকল অবস্থাতেই তাহার নির্দিষ্ট স্থান অধিকার করিয়া থাকে। দ্বিতীয়তঃ তাহার কিছু-না-কিছু ওজন থাকিবেই। তৃতীয়তঃ তাহার জাড্য-গুণ আছে ; অর্থাৎ বাহির হইতে উপযুক্ত বলপ্রয়োগ ব্যতীত আপনা হইতে তাহার নিশ্চলতার বা ঋজু গতির কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু শক্তির এই তিনটি গুণের একটিও নাই। যেমন জল, বই, কলম, পেন্সিল প্রভৃতি বস্তুর এই তিনটি গুণই বর্তমান। সুতরাং তাহারা পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন রূপ। কিন্তু কোন গরম দ্রব্য স্পর্শ করিয়া তাহার উত্তাপ অনুভব করিতে এবং সূর্যরশ্মি দেখিতে আমরা সক্ষম হইলেও তাপ ও সূর্যকিরণের এই তিনটি গুণের কোনটিই নাই। সুতরাং ইহারা পদার্থ নহে ; ইহারা শক্তির দুইটি

ভিন্ন প্রকাশ। **অতএব ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, ওজনবিশিষ্ট, স্থানব্যাপক ও জাড্য-গুণযুক্ত বস্তুকে পদার্থ বলে।**

পদার্থের অবস্থাভেদ :—সাধারণতঃ পদার্থকে তিনটি অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়—(১) **কঠিন,** (২) **তরল** এবং (৩) **গ্যাসীয়।**

(১) **কঠিন পদার্থ :**—এই অবস্থায় পদার্থে বিভিন্ন পরিমাণে দৃঢ়তা বিদ্যমান ; সুতরাং বাহির হইতে বিভিন্ন মাত্রায় বলপ্রয়োগ ব্যতীত তাহার আকারের কোন প্রকার পরিবর্তন সম্ভবপর নহে। অতএব কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ কঠিন পদার্থের একটি **নিজস্ব আকার** ও **আয়তন** থাকে। লৌহ, স্বর্ণ, লবণ প্রভৃতি কঠিন পদার্থ।

(২) **তরল পদার্থ :**—কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল পদার্থের নির্দিষ্ট **আয়তন** থাকে, কিন্তু নিজস্ব কোন নির্দিষ্ট **আকার নাই**। যে পাত্রে রাখা যায় ইহা সেই পাত্রেরই আকার ধারণ করিয়া থাকে। জল গ্লাসে রাখিলে ইহা গ্লাসের আকারই ধারণ করিয়া থাকে ; আবার এই জলই বাটিতে রাখিলে ইহা বাটির আকৃতি গ্রহণ করে। তাছাড়া তরল পদার্থ সর্বদাই নিম্নগামী ও ইহার উপরিভাগ সমতল। জল, তৈল, মধু, পারদ প্রভৃতি তরল পদার্থের অন্তর্গত।

(৩) **গ্যাসীয় পদার্থ :**—গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের নিজস্ব কোনরূপ **আকার** বা **আয়তন নাই** কারণ সামান্যতম চাপেই ইহার আয়তন ও আকারের পরিবর্তন সাধন করা সম্ভব। এই অবস্থায় পদার্থের সংকোচন ও প্রসারণের ক্ষমতা এত অধিক যে ইহার স্বল্পতম মাত্রাও যে-কোন আয়তনের পাত্রকে সম্পূর্ণরূপে পরিব্যাপ্ত করিতে পারে এবং তখন ইহার ঘনত্ব সর্বাংশেই সমান থাকে। বায়ু, হাইড্রোজেন, কারবন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ।

পদার্থের এই তিনটি অবস্থা সম্বন্ধে একটি বিষয় বিশেষভাবে শিক্ষণীয়। অনেক পদার্থই উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তনে বিভিন্ন অবস্থায় অবস্থান করিতে পারে। যেমন সাধারণ জলকে ক্রমাগত ঠাণ্ডা করিলে ইহা অবশেষে বরফে পরিণত হয় ; আবার বরফকে গরম করিলে ইহার উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া অবশেষে ইহা গলিয়া জলে পরিবর্তিত হয়। যে উষ্ণতায় বরফ গলিয়া জলে পরিণত হয় বা জল জমিয়া বরফে পরিবর্তিত হয় তাহাকে **গলনাঙ্ক** বা **হিমাঙ্ক** বলে। আবার জলকে উত্তপ্ত করিলে ইহা অবশেষে এমন উষ্ণতা প্রাপ্ত হয় যে তখন ইহা ফুটিতে থাকে ও ক্রমে ক্রমে বাষ্পে পরিণত হয়। এই উষ্ণতাকে **স্ফুটনাঙ্ক** বলে।

পদার্থের গুণ বা ধর্ম :—প্রত্যেক পদার্থের এমন কতকগুলি নিজস্ব গুণ আছে যাহা অন্য পদার্থের নাই এবং যাহার জন্য ইহাকে শনাক্ত করা সম্ভবপর। যেমন

আমাদের চির-পরিচিত জল। জল ভিন্ন আরও অনেক পদার্থ আছে। কিন্তু জলের এমন কতকগুলি বিশেষ গুণ আছে যাহা ইহাকে অন্য পদার্থ হইতে পৃথক করিয়া রাখিয়াছে। ইহা স্বাদ, গন্ধ ও বর্ণহীন একটি স্বচ্ছ তরল পদার্থ; ইহার হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 0° এবং 100° সেন্টিগ্রেড; ইহা লবণ, চিনি প্রভৃতি বহুবিধ বস্তুকে দ্রবীভূত করিতে পারে। বিদ্যুৎপ্রবাহ অম্লীকৃত জলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি গ্যাসে পরিণত হয়। ইহা ভিন্ন এই তরল পদার্থের আরও এমন কতকগুলি নিজস্ব বিশেষ গুণ আছে যাহা অন্য কোন পদার্থের নাই।

পদার্থের গুণসমূহকে দুইভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে—(১) **ভৌত গুণ** (physical properties) ও (২) **রাসায়নিক গুণ** (chemical properties)। যে সমস্ত গুণ পদার্থের বাহিরের স্বরূপ বা অবস্থা প্রকাশ করে তাহাদিগকে **ভৌত গুণ** বলে। যেমন বস্তুটি দেখিতে কেমন,—কঠিন, তরল না গ্যাসীয়;—ইহার বর্ণ, গন্ধ ও স্বাদ কিরূপ; জল বা অন্য কোন বিশেষ তরল পদার্থে দ্রবীভূত হয় কি না কিংবা অন্য কোন পদার্থকে দ্রবীভূত করে কি না; চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত বা চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয় কি না; ইহা বিদ্যুৎ পরিবাহী কি না; ইহার ঘনত্ব, স্ফুটনাঙ্ক, হিমাঙ্ক ও গলনাঙ্ক; ইহা স্পর্শ করিলে কিরূপ অনুভূতি প্রদান করে;—এই সমস্ত গুণই ভৌত গুণের অন্তর্গত। কিন্তু যে সমস্ত গুণের প্রভাবে পদার্থের মূল বা মৌলিক প্রকৃতি প্রকাশ পায় এবং ইহার আমূল রূপান্তর সাধিত হইয়া ইহা ভিন্ন গুণবিশিষ্ট সম্পূর্ণ পৃথক বস্তুতে পরিণত হয় তাহাদিগকে **রাসায়নিক গুণ** বলে। যেমন ইহা দাহ্য (combustible) বা দাহক (supporter of combustion) কি না; বিভিন্ন অবস্থায় বাতাস, জল, অম্ল, ক্ষার ও অন্যান্য বিশেষ বিশেষ পদার্থের সহিত ইহার বিক্রিয়া (chemical reaction) হইয়া ইহা ভিন্ন ভিন্ন বস্তুতে রূপান্তরিত হয় কি না; —এইগুলি সমস্তই রাসায়নিক গুণ।

জলের ভিতর কতকটা চিনি ফেলিয়া দিয়া একটি কাষ্ঠদণ্ড দ্বারা নাড়িলে উহা জলের সহিত একেবারে মিশিয়া অদৃশ্য হইয়া যায় এবং তখন কিছুটা চিনির দ্রব প্রস্তুত হয়। এই প্রক্রিয়াতে জানা যায় যে জল চিনিকে দ্রবীভূত করে বা চিনি জলে দ্রবণীয়। ইহা চিনি ও জলের ভৌত গুণ, কারণ চিনির দ্রবে জল ও চিনির মুখ্য গুণসমূহ নষ্ট হয় না যদিও কিছুটা প্রশমিত হয়। কিন্তু জলের উপর একখণ্ড সোডিয়ম ধাতু নিক্ষেপ করিলে উহা বুদ্বুদন সহ ভাসমান অবস্থায় ছুটাছুটি করিতে থাকে এবং ক্রমে ক্রমে ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া অবশেষে নিঃশেষ হইয়া যায়। জল ও সোডিয়মের মধ্যে এই বিক্রিয়া ঐ দুই পদার্থের রাসায়নিক গুণ প্রকাশ করে, কারণ

ইহার ফলে ভিন্ন গুণবিশিষ্ট হাইড্রোজেন ও কষ্টিক সোডা নামক দুইটি পৃথক বস্তু উৎপন্ন হয়।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ :—আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা অসংখ্যপ্রকার পদার্থের সংস্পর্শে আসিয়া থাকি। তাহাদের নানাভাবে শ্রেণীবিভাগ করা সম্ভব। কিপ্রকার উপাদানে তাহারা গঠিত তাহারই উপর নির্ভর করে তাহাদের শ্রেণীগত পার্থক্য। নানাবিধ বস্তু পরীক্ষা করিয়া ইহা জানা গিয়াছে যে কোন কোন বস্তু মাত্র একটি উপাদানে গঠিত। যেমন জল, বিশুদ্ধ লবণ, স্বর্ণ ইত্যাদি। ইহাদিগকে বিশুদ্ধ পদার্থ বলে। আবার কোন কোন বস্তু দুই বা ততোধিক উপাদানে গঠিত। ইহাদিগকে মিশ্র পদার্থ বলে। যেমন দুগ্ধ, জলীয় লবণ দ্রব ইত্যাদি। জল, প্রোটিন, স্নেহপদার্থ (মাখন), শর্করা প্রভৃতি দুগ্ধের উপাদান।

মিশ্র পদার্থের উপাদানসমূহ তাহার সর্বাংশে একই অনুপাতে থাকিতে পারে। আবার সেরূপ নাও থাকিতে পারে। যেমন দুগ্ধে তাহার উপাদানসমূহের অনুপাত সর্বত্রই সমান। এরূপ পদার্থকে **সমসত্ত্ব** (Homogeneous) পদার্থ বলে। সুতরাং বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রই সমসত্ত্ব। আবার লৌহ ও গন্ধকচূর্ণ যদি মোটামুটিভাবে মিশান যায় তবে লৌহ ও গন্ধক এই মিশ্রের সর্বত্র সমপরিমাণে থাকে না। এইরূপ মিশ্রকে **অসমসত্ত্ব** (Heterogeneous) মিশ্র বলে।

বিশুদ্ধ পদার্থসমূহকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে :—**মৌলিক** (Element) ও **যৌগিক** (Compound)।

মৌলিক পদার্থ :—যে পদার্থ হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা উহা ব্যতীত অন্য কোন ভিন্ন গুণবিশিষ্ট সরলতর পদার্থ পাওয়া যায় না তাহাকে **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বলে। যেমন লৌহ, স্বর্ণ, গন্ধক, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, প্রভৃতি। ইহাদের কোনটি হইতেই রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা সূক্ষ্মতর ও অবিভাজ্য নূতন কোন বস্তু প্রস্তুত করা এপর্যন্ত সম্ভব হয় নাই। বর্তমানে এইরূপ 94টি মৌলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে।

যৌগিক পদার্থ :—কিন্তু যে বস্তু দুই বা ততোধিক মৌলের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত তাহাকে **যৌগিক পদার্থ** বলে। সুতরাং রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা যৌগিক পদার্থ হইতে তাহার উপাদান দুই বা ততোধিক মৌল উৎপাদন করা সম্ভবপর। যেমন জল, মারকিউরিক অক্সাইড, ইত্যাদি। জলে সামান্য একটু যে-কোন অ্যাসিড মিশাইয়া তাহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করিলে তাহা ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন হয়। সুতরাং জল একটি যৌগিক পদার্থ। আবার শুধু মাত্র পারদ হইতে কোন প্রকার

রাসায়নিক প্রক্রিয়াতেই পারদ ভিন্ন অপর কোন বস্তু পাওয়া যায় নাই। সুতরাং ইহা একটি মৌলিক পদার্থ। কিন্তু এই পারদকে বায়ু বা অক্সিজেনের আবরণে উত্তপ্ত করিলে ইহা অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে মারকিউরিক অক্সাইড নামক একটি লাল পদার্থে পরিণত হয়। আবার এই লাল পদার্থটিকে অধিকতর উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া পারদ ও অক্সিজেন উৎপাদন করে। সুতরাং মারকিউরিক অক্সাইড একটি যৌগিক পদার্থ।

মৌলিক পদার্থসমূহের শ্রেণীবিভাগঃ—মৌলিক পদার্থগুলিকে গুণানুসারে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে ঃ—**ধাতু** (metal), **অধাতু** (non-metal) ও **ধাতুকল্প** (metalloid)। ধাতব মৌলে দ্যুতি ও প্রসার্যতা (ductility) আছে। তাহারা সাধারণতঃ ঘাতসহ (malleable) এবং উত্তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী। স্বর্ণ, লৌহ, তাম্র, রৌপ্য, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতি ধাতব মৌল। কিন্তু অধাতু মৌলের এই সমস্ত গুণ সাধারণত থাকে না যদিও কোন কোন অধাতু মৌলে এই সমস্ত গুণের কোন কোনটা কিছু পরিমাণে বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। কিন্তু তাহা ব্যতিক্রম মাত্র। গন্ধক, আয়োডিন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি অধাতু মৌল। ইহাদের এমন কতকগুলি বিশেষ গুণ আছে যাহা ধাতব মৌলের নাই। এ সমস্ত গুণের বিষয় পরে আলোচিত হইবে।

আবার অল্পসংখ্যক কতকগুলি মৌলিক পদার্থ আছে যাহারা ধাতু ও অধাতু মৌলের মাঝামাঝি। তাহাদের কতকগুলিতে ধাতব গুণ বর্তমান, আবার তাহাদের মধ্যে কতকগুলিতে অধাতব গুণও বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। ইহাদিগকে ধাতুকল্প বলে। যেমন—আর্সেনিক, অ্যাণ্টিমনি, ইত্যাদি।

শিক্ষার্থিগণের সুবিধার জন্য পরপৃষ্ঠায় সারণীতে পদার্থের শ্রেণীবিভাগ দেওয়া হইল ঃ—

পদার্থের গঠনঃ—বিশুদ্ধ যৌগিক ও মৌলিক পদার্থসমূহ কিভাবে গঠিত এক্ষণে সে সম্বন্ধে আলোচনা করা যাইতেছে। কিছুটা শর্করাকে যদি কোন অনুকূল ভৌত পদ্ধতি (mechanical means) দ্বারা ক্ষুদ্র হইতে ক্ষুদ্রতর অংশে ক্রমাগত ভাগ করা যায় তবে অবশেষে সর্বশেষ ও ক্ষুদ্রতম কণাসমূহ পাওয়া যাইবে। ইহারা এত ক্ষুদ্র যে অতিশয় শক্তিশালী অনুবীক্ষণ যন্ত্রদ্বারাও ইহাদিগকে দেখিতে পাওয়া যায় না, যদিও ইহাদের স্বাধীন সত্তা আছে। কিন্তু ইহারা এত ক্ষুদ্র হইলেও শর্করার সমস্ত গুণই ইহাদের মধ্যে বিদ্যমান। এইরূপ স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট, নির্দিষ্ট পদার্থের সমস্ত গুণযুক্ত ও সাধারণ ভৌত পদ্ধতি দ্বারা

অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম পদার্থ কণাকে **অণু** (**Molecule**) বলে যৌগিক ও মৌলিক এই উভয় প্রকার পদার্থই কোটী কোটী অণুর সমষ্টি মাত্র।

পদার্থ

সমসত্ত্ব পদার্থ
(স্বর্ণ, বায়ু, জল, লবণদ্রব, ইত্যাদি)

অসমসত্ত্ব পদার্থ
মিশ্র পদার্থ
(গন্ধক ও লৌহচূর্ণ মিশ্র, মাটি, ইত্যাদি)

মিশ্র পদার্থ
(বাতাস, শর্করা দ্রব, কাঁসা, প্রভৃতি)

বিশুদ্ধ পদার্থ
(হাইড্রোজেন, জল, রৌপ্য, গন্ধক, প্রভৃতি)

কিন্তু এই অণুও সম্পূর্ণরূপে অবিভাজ্য নহে। উপযোগী রাসায়নিক প্রক্রিয়াতে এই অণুও ক্ষুদ্রতর অংশে বিভক্ত হইয়া মাত্র ক্ষণিকের জন্য ক্ষুদ্রতম পদার্থ কণা সৃষ্টি করে। কোন প্রকার রাসায়নিক ও সাধারণ ভৌত পদ্ধতি দ্বারা এই সমস্ত ক্ষুদ্রতম পদার্থ কণাকে আরও ভাগ করিয়া ক্ষুদ্রতর পদার্থ কণা সৃষ্টি করা এ পর্যন্ত সম্ভবপর হয় নাই। পদার্থের এইরূপ রাসায়নিক প্রক্রিয়াতেও অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণাকে **পরমাণু** (**Atom**) বলে।

মৌলের অণু একই প্রকার গুণসম্পন্ন ও ওজনবিশিষ্ট পরমাণু দ্বারা গঠিত। কিন্তু যৌগিক পদার্থের অণু দুই বা ততোধিক মৌলের বিভিন্ন প্রকার পরমাণু দ্বারা প্রস্তুত।

পরমাণুর স্থায়ী স্বাধীন সত্তা প্রায় নাই বলিলেই চলে। কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া মুহূর্তে সৃষ্ট হইয়া ইহারা হয় একই মৌলের একাধিক পরমাণুর সহিত

যুক্ত হইয়া অণু বা তদপেক্ষা বৃহত্তর অংশে পরিণত হয়, নতুবা দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুর সহিত রাসায়নিক মিলনদ্বারা ইহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের অণু সৃষ্টি করে। সুতরাং পরমাণুর সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ইহা মৌলের অতি সূক্ষ্ম, রাসায়নিক ও সাধারণ ভৌত পদ্ধতিতে অবিভাজ্য, প্রায় স্বাধীন সত্তাশূন্য ও মাত্র রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র অংশ।

পারমাণবিক গুরুত্ব (Atomic Weight) এবং আণবিক গুরুত্ব (Molecular Weight):—পদার্থের অণু ও পরমাণু এত ক্ষুদ্র যে কোন শক্তিশালী অণুবীক্ষণের সাহায্যেও ইহারা দৃষ্টিগোচরে আসে না। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে অণু বা পরমাণুর ব্যাস প্রায় 10^{-8} সেণ্টিমিটার (সি. এম্.)। সুতরাং এত সূক্ষ্ম অণু বা পরমাণুতে এত অল্প পরিমাণে বস্তু থাকে যে তাহা তুলার (Balance) সাহায্যে ওজন করা কল্পনাতীত। অন্য উপায়ে হিসাব করিয়া ইহাদের ওজন বাহির করা হইয়াছে। যেমন হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন $1{\cdot}66\times10^{-24}$ গ্রাম।

অক্সিজেন-পরমাণুর ওজন $=2{\cdot}66\times10^{-23}$ গ্রাম, লৌহ-পরমাণুর ওজন $=9{\cdot}3\times10^{-23}$ গ্রাম ও সব চাইতে ভারী ইউরেনিয়ম-পরমাণুর ওজন $=3{\cdot}95\times10^{-22}$ গ্রাম। জলের অণুর ওজন $=2{\cdot}99\times10^{-23}$ গ্রাম।

বিজ্ঞানজগতে ব্যবহৃত গ্রাম এককে এই সমস্ত অতি সামান্য পরিমাণ বস্তুর ওজন প্রকাশ করা অত্যন্ত অসুবিধাজনক। সুতরাং এই সমস্ত অতি অল্প পরিমাণ বস্তুর ওজন বা ভর ব্যক্ত করিতে একপ্রকার নূতন একক ব্যবহৃত হইয়াছে। হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হালকা বলিয়া তাহার পরমাণুর ওজন এক ধরা হইয়াছে এবং ইহার পরমাণুর সহিত তুলনা করিয়া অন্যান্য মৌলের পরমাণু তাহা অপেক্ষা কত গুণ ভারী তাহাদ্বারাই তাহাদের পরমাণুর ওজন ব্যক্ত করা হইয়াছে। প্রত্যেকটি মৌলের জন্য এইরূপ নির্দিষ্ট ও স্থিরীকৃত এক একটি সংখ্যাকে তাহার **পারমাণবিক গুরুত্ব** (Atomic Weight) বলে।

সুতরাং **যে সংখ্যাদ্বারা কোন মৌলের একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা কত গুণ ভারী বুঝায় তাহাকে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব** বলে। যেমন অক্সিজেন, কারবন, নাইট্রোজেন ও গন্ধকের পরমাণু হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা যথাক্রমে 16, 12, 14 ও 32 গুণ ভারী। সুতরাং অক্সিজেন, কারবন, নাইট্রোজেন ও গন্ধকের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল যথাক্রমে 16, 12, 14 ও 32। এই সমস্ত সংখ্যাকে $1{\cdot}66\times10^{-24}$ দ্বারা গুণ

করিলেই ইহাদের ওজন গ্রামে পাওয়া যাইবে। যেমন অক্সিজেন পরমাণুর ওজন $=16\times1{\cdot}66\times10^{-24}$ গ্রাম $=2{\cdot}66\times10^{-23}$ গ্রাম।

নিম্নে কয়েকটি প্রয়োজনীয় মৌলের মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব দেওয়া হইল :

মৌল	পারমাণবিক গুরুত্ব (মোটামুটি)	মৌল	পারমাণবিক গুরুত্ব (মোটামুটি)
হাইড্রোজেন	1	সোডিয়ম	23
কার্বন	12	ম্যাগনেসিয়ম	24
নাইট্রোজেন	14	অ্যালুমিনিয়ম	27
অক্সিজেন	16	পটাসিয়ম	39
গন্ধক	32	ক্যালসিয়ম	40
ক্লোরিণ	35·5	লৌহ	56
		তাম্র	63·5
		দস্তা	65
		সীসা	207

এইরূপ কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্বও একটি সংখ্যাদ্বারা ব্যক্ত করা হয়। এই সংখ্যার দ্বারা বুঝায় যে ইহার একটি অণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী। যেমন জলের আণবিক গুরুত্ব হইল 18। ইহার দ্বারা বুঝায় যে জলের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী।

পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন :—আমাদের চতুর্দিকে প্রতিদিন আমরা বস্তুজগতে নানাবিধ পরিবর্তন দেখিতে পাই। ইহাদের মধ্যে কোন কোনটি অস্থায়ী আবার কোন কোনটি স্থায়ী।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে জল ফুটাইলে বাষ্পে পরিণত হয়, কিন্তু ক্রমাগত ঠাণ্ডা করিলে ইহা জমিয়া বরফ হইয়া যায়। অপরপক্ষে বরফ গরম করিলে উহা গলিয়া জলে পরিণত হয়। জলের এই প্রকার পরিবর্তন শুধু তাহার বাহ্যিক অবস্থার পরিবর্তন মাত্র এবং ইহা অস্থায়ী। এইরূপ পরিবর্তনকে ভৌত পরিবর্তন (Physical change) বলে।

আবার ইহাও বলা হইয়াছে যে জল সোডিয়ম ধাতুর সংস্পর্শে আসিলে উহাদের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে উহারা রূপান্তরিত হইয়া কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। ইহাও জলের আর এক প্রকার পরিবর্তন। কিন্তু ইহা অস্থায়ী নহে কারণ এই পরিবর্তনজাত বস্তু দুইটি হইতে পুনরায় জল প্রস্তুত সম্ভব নহে। সুতরাং ইহা একটি স্থায়ী পরিবর্তন। এইরূপ পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical

change) বলে। জলের এইরূপ অসংখ্য রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে চুন ফুটান আর একটি। বাখারি চুনে (Quick lime) জল সংযোগ করিলে তাপ বিকিরণসহ উহাদের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া কলিচুন (Slaked lime) প্রস্তুত হয়।

এখন দেখা যাক জলের এই দ্বিবিধ পরিবর্তনের কারণ কি। ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের অণুসমূহের শুধু বাহিরের অবস্থারই পরিবর্তন সাধিত হয় কিন্তু তাহাদের গঠনের কোন রূপান্তর হয় না। পদার্থের ভৌত গুণও নির্ভর করে তাহার অণুসমূহের বাহিরের অবস্থার উপর। সুতরাং দৃষ্টান্তস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে জল যখন বাষ্পে কিংবা বরফে পরিণত হয় তখন তাহার অণুসমূহের শুধু বাহিরের অবস্থার পরিবর্তন হয়, তাহাদের গঠন ঠিকই থাকে। সুতরাং এরূপ পরিবর্তনে জলের শুধু ভৌত গুণেরই পরিবর্তন হয়। অপর পক্ষে রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের অণুসমূহের গঠনের পরিবর্তন হয় এবং ইহাদের গঠনের উপরই পদার্থের রাসায়নিক গুণ নির্ভর করে। সুতরাং সোডিয়ম ও বাখারি চুনের সহিত জলের বিক্রিয়ার ফলে জলের যে রাসায়নিক পরিবর্তন হয় তাহাতে জলের অণুসমূহ একেবারে নষ্ট হইয়া নূতন ও ভিন্ন প্রকৃতির অণুসমূহের সৃষ্টি হয়। সেইজন্য বিক্রিয়াজাত বস্তুগুলিতে জলের ভৌত ও রাসায়নিক গুণের কোনটাই আর বিদ্যমান থাকে না। সেই কারণেই এইরূপ পরিবর্তন স্থায়ী।

একটি মোমবাতি জ্বালাইয়া খাড়াভাবে রাখিলে দেখা যায় যে প্রথমে তাহা গলিয়া যায়। তারপর তাহার অধিকাংশই পুড়িয়া অদৃশ্য হইয়া যায় ও তাহার অবশিষ্টাংশ ঠাণ্ডা হইয়া তরল অবস্থা হইতে আবার কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

জলন্ত অবস্থায় মোমবাতির উপাদান মোমের (wax) তিন প্রকার পরিবর্তন সাধিত হয়। প্রথমে ও শেষে যখন উহা যথাক্রমে গলিয়া তরলত্ব ও জমিয়া কঠিনত্ব প্রাপ্ত হয় তখন তাহার শুধু বাহিরের অবস্থারই পরিবর্তন হয়, তাহার অণুর গঠনের কোনরূপ বিকৃতি ঘটে না। সুতরাং এই দুইটি পরিবর্তনই অস্থায়ী ও ভৌত। এই উভয় প্রকার পরিবর্তনে মোমের শুধু ভৌত গুণেরই পরিবর্তন হয়। কিন্তু পুড়িবার সময় উহার যে প্রধান অংশ অদৃশ্য হইয়া যায় তাহা যে সমস্ত অণুর দ্বারা গঠিত তাহারা বাতাসের অক্সিজেন নামক গ্যাসীয় মৌলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সম্পূর্ণ ভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক গুণবিশিষ্ট জলীয় বাষ্পের ও কারবন ডাই-অক্সাইডের অণুসমূহে রূপান্তরিত হয়। সুতরাং যে পরিবর্তনের জন্য মোমের প্রধান অংশ অদৃশ্য হইয়া যায় তাহা স্থায়ী ও রাসায়নিক।

কয়লা কারবন কণিকাদ্বারা গঠিত। উহা পুড়িবার সময় উহার অধিকাংশই বাতাসের অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত

হয় এবং তাহার সামান্য অংশই ভস্মের আকারে অবশেষ রূপে পড়িয়া থাকে। ভস্মে কয়লার কারবন-কণিকাসমূহ অপরিবর্তিত অবস্থাতেই থাকিয়া যায়। কিন্তু কারবন ডাই-অক্সাইডে শুধু তাহার নিজস্ব অণুই বিদ্যমান; উহাতে কারবনের কণিকার কোন অস্তিত্বই নাই। সেইজন্য উহাতে কারবনের কোন গুণই দেখিতে পাওয়া যায় না। সুতরাং কারবনের ভস্মে রূপান্তর তাহার ভৌত পরিবর্তন ও এই পরিবর্তনে তাহার শুধু ভৌত গুণেরই পরিবর্তন হয়। কিন্তু তাহার কারবন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তর তাহার রাসায়নিক পরিবর্তন। এই পরিবর্তনে তাহার ভৌত ও রাসায়নিক গুণসমূহ সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হইয়া যায়।

একখণ্ড লৌহ আর্দ্র বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় ফেলিয়া রাখিলে তাহাতে মরিচা ধরিয়া যায়। এই মরিচার অণু লৌহ, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের দ্বারা গঠিত। সুতরাং লৌহের এই পরিবর্তন রাসায়নিক। এই পরিবর্তনজাত মরিচায় লৌহের কোন গুণই নাই।

সাধারণ অবস্থায় ঐ লৌহখণ্ডের লৌহচূর্ণ আকর্ষণ করিবার ক্ষমতা নাই। কিন্তু একখানা চুম্বক দ্বারা উহা ঘষিলে উহা চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয়। তখন উহা লৌহচূর্ণ আকর্ষণ করিতে পারে। এইরূপে চুম্বকত্ব প্রাপ্ত লৌহখণ্ডকে উত্তপ্ত করিলে উহার চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়। তখন উহার লৌহচূর্ণ আকর্ষণের ক্ষমতাও লোপ পায়। লৌহের চুম্বকত্ব প্রাপ্তি একপ্রকার ভৌত পরিবর্তন কারণ ইহাতে লৌহের কণিকাসমূহের গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না, শুধু তাহাদের অবস্থান্তর ঘটিয়া থাকে। সুতরাং ইহাতে লৌহের ভৌত গুণের পরিবর্তন হয়, তাহার রাসায়নিকগুণের কোন রূপান্তর হয় না।

বৈদ্যুতিক বাল্বের তারের ভিতরে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত করিলে উহা উজ্জ্বলতা প্রাপ্ত হইয়া তাপ ও আলো বিকিরণ করে; আবার বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিলে উহা ঠাণ্ডা হইয়া স্বাভাবিক অবস্থা প্রাপ্ত হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত করিবার সময়ে ঐ তারের যে অবস্থান্তর ঘটে তাহা অস্থায়ী। এবং তাহাতে উহার উপাদানের কণিকাসমূহের গঠন ঠিক থাকে। একখণ্ড সরু প্ল্যাটিনাম তার বুনসেন দীপশিখায় ধরিলে উহারও এই একই প্রকার অস্থায়ী অবস্থান্তর প্রাপ্তি হয়, কিন্তু একখণ্ড সরু তামার তার ঐরূপ শিখায় ধরিলে উত্তপ্ত অবস্থায় উহার এক অংশ বাতাসের অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে স্থায়ীভাবে উহার অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় যাহার ফলে ভিন্নধর্মী অণুর সৃষ্টি হয়। সুতরাং এই পরিবর্তন স্থায়ী।

সুতরাং একথা নিঃসন্দেহে বলা যাইতে পারে যে বস্তুজগতের সকলপ্রকার পরিবর্তনকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা যাইতে পারে—(১) **ভৌত পরিবর্তন** ও (২) **রাসায়নিক পরিবর্তন**। যে পরিবর্তনে পদার্থের শুধু বাহ্যিক অবস্থারই পরিবর্তন

সাধিত হয়, যাহাতে ইহার উপাদান অণুসমূহের গঠনের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না, যাহাতে শুধু ইহার ভৌত গুণই পরিবর্তিত হয় কিন্তু ইহার রাসায়নিক গুণ **ঠিকই** থাকে এবং যাহা অস্থায়ী তাহাকে **ভৌত পরিবর্তন** বলে। কিন্তু যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুসমূহের স্থায়ী পরিবর্তন সাধিত হইয়া সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী অণুসমূহের সৃষ্টি হয়, যাহার জন্য ইহার ভৌত ও রাসায়নিক গুণসমূহ পরিবর্তিত হইয়া যায় তাহাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে।

সুতরাং জলের বরফত্ব বা বাষ্পত্ব প্রাপ্তি কিংবা বরফের তরলত্ব প্রাপ্তি ভৌত পরিবর্তন। কিন্তু সোডিয়ম কিংবা বাখারি চুনের সহযোগে তাহার রূপান্তর প্রাপ্তিকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলা হয়। লৌহের চুম্বকত্ব প্রাপ্তিকে ভৌত পরিবর্তন বলে, কিন্তু উহাতে মরিচা ধরিলে তাহাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে। অত্যধিক উত্তাপে ধাতব তার উজ্জ্বলতা প্রাপ্ত হইলে তাহাকে ভৌত পরিবর্তন বলে কিন্তু উহাতে ভিন্নধর্মী বস্তুর সৃষ্টি হইলে তাহাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য নির্ণয়

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
১। ইহাতে উপাদানের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না।	১। ইহাতে উপাদানের অণুর গঠনের পরিবর্তন হয়।
২। ইহাতে শুধু ভৌত গুণের পরিবর্তন হয়।	২। ইহাতে ভৌত ও রাসায়নিক এই উভয় গুণেরই পরিবর্তন হয়।
৩। ইহা অস্থায়ী। পরিবর্তিত অবস্থা হইতে বস্তুকে প্রথমাবস্থায় ফিরাইয়া আনা সহজ।	৩। ইহা স্থায়ী। পরবর্তিত অবস্থা হইতে পদার্থের প্রথমাবস্থায় প্রত্যাবর্তন সহজ নহে।
৪। ইহাতে তাপ শোষিত বা বিকীর্ণ হইতেও পারে আবার নাও হইতে পারে।	৪। ইহাতে তাপ শোষিত কিংবা বিকীর্ণ হইবে।

যে বিক্রিয়ায় তাপ নিঃসৃত (evolved) হয় তাহাকে **তাপ-মোচী** (exothermic) বিক্রিয়া বলে। কিন্তু যাহাতে তাপ শোষিত হয় তাহাকে **তাপ-গ্রাহী** (endothermic) বিক্রিয়া বলে। সুতরাং বিভিন্ন মৌলের

রাসায়নিক মিলনে কোন যৌগিক পদার্থ উৎপাদনের সময় যদি তাপ বিকীর্ণ হয় তবে সেই পদার্থকে **তাপ-মোচী** যৌগিক পদার্থ বলে। অপর পক্ষে যখন কোন যৌগিক পদার্থের ঐরূপ উৎপাদনের সময় তাপ শোষিত হয় তখন তাহাকে **তাপ-গ্রাহী** যৌগিক পদার্থ বলে।

এক্ষণে কি কি প্রকারে রাসায়নিক পরিবর্তন সম্ভব তাহার আলোচনা করা আবশ্যক:

১। বিভিন্ন বিক্রিয়কের মধ্যে সংস্পর্শ ব্যতীত কোন প্রকার রাসায়নিক পরিবর্তন সম্ভব নহে। কোন কোন রাসায়নিক পরিবর্তন দুই বা ততোধিক বস্তুর সংস্পর্শ মাত্র সংঘটিত হইয়া থাকে। যেমন সংস্পর্শমাত্রই সোডিয়ম কিংবা বাখারি চুন ও জলের মধ্যে এবং নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হইয়া থাকে কিন্তু অধিকাংশ রাসায়নিক পবিবর্তনেই নানাবিধ সংঘটকের (factor or agent) প্রয়োজন হয়।

২। কোন কোন রাসায়নিক পরিবর্তন শুধু উত্তপ্ত অবস্থাতেই সম্ভব, সাধারণ উষ্ণতায় (ঠাণ্ডা অবস্থায়) সম্ভব নহে। যেমন সাধারণ উষ্ণতায় কপার অক্সাইড-হাইড্রোজেনের সংস্পর্শে দীর্ঘ সময় রাখিলেও ইহাদের মধ্যে কোনরূপ বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন চালিত করিলে উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে জল ও তাম্র প্রস্তুত হয়।

৩। কোন কোন রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটনের জন্য উচ্চতর চাপের প্রয়োজন হয়। যেমন ভুঁই পটকা ফাটানরূপ বিক্রিয়া।

৪। কোন কোন রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য অনুঘটক (catalyst) ব্যবহার করিতে হয়। যেমন সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রিত অবস্থায় দীর্ঘকাল রাখিলেও ইহাদের মধ্যে কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু ঐ মিশ্র স্পঞ্জতুল্য প্ল্যাটিনম-রূপ অনুঘটকের উপস্থিতিতে সাধারণ উষ্ণতাতেও জলের অণু-সমষ্টিতে ক্রমে ক্রমে রূপান্তরিত হয়।

৫। বিদ্যুৎস্ফুলিংগ ও বিদ্যুৎপ্রবাহ দ্বারাও কোন কোন রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটন করা হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রে বিদ্যুৎস্ফুলিংগ প্রয়োগ করিলে উহাদের মধ্যে রাসায়নিক মিলনে জল সৃষ্টি হয়। অম্লীকৃত জলের মধ্যে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত করিলে জল বিযোজিত (decompose) হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন প্রস্তুত করে।

৬। কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া উত্তাপ, উচ্চ চাপ ও অনুঘটকের সম্মিলিত প্রভাবে সংঘটিত হয়। যেমন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনে অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতিতে ঐ তিনটি সংঘটকেরই প্রয়োগ করিতে হয়।

সামান্য মিশ্র (**Mechanical Mixture**) এবং **রাসায়নিক যৌগ** (**Chemical Compound**) :—দুই বা ততোধিক বস্তু একত্র মিশ্রিত করিলে তাহাদের মধ্যে কোনরূপ বিক্রিয়া না হইয়া যখন তাহারা শুধু পাশাপাশি অবস্থান করে তখন এই বস্তু সমষ্টিকে **সামান্য মিশ্র** বলে। এরূপ অবস্থায় ঐ মিশ্রের বিভিন্ন উপাদানের অণুসমূহের গঠনের কোন ব্যতিক্রম ঘটে না, তাহারা পরস্পর ওতপ্রোত ভাবে মিশ্রিত অবস্থায় অবস্থান করে। সুতরাং সহ-অবস্থিতির জন্য তাহাদের গুণসমূহ কতকটা বদলাইলেও তাহারা মোটামুটিভাবে ঠিকই থাকে। এরূপ মিশ্রের উপাদানগুলিকে নানাবিধ স্থূল ও সহজ পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব।

[যে পদ্ধতিতে পদার্থের অণুর গঠনের পরিবর্তন না হইয়া শুধু তাহার অবস্থার ও ভৌত গুণের পরিবর্তন হয় তাহাকে স্থূল পদ্ধতি (mechanical means) বলে। যেমন দ্রবীকরণ (to dissolve), গলান (to melt), পাতিত করণ (to distil), প্রভৃতি ; এই সকল পদ্ধতি পরবর্তী অধ্যায়ে আলোচিত হইবে।]

একটি খলে (mortar) কিছু গন্ধক ও লৌহ চূর্ণ নুড়ি (pestle) দ্বারা একত্রে উত্তমরূপে মাড়িয়া মিশ্রিত করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহা লৌহ ও গন্ধকের 'সামান্য মিশ্র' মাত্র কারণ উহাতে লৌহ ও গন্ধকের সমস্ত গুণই বর্তমান, যদিও খালি চোখে তাহাদের অস্তিত্ব সহজে বুঝিতে পারা যায় না। এই মিশ্রে লৌহ ও গন্ধকের কণিকা-সমূহ অবিকৃত অবস্থায় পরস্পর পাশাপাশি অবস্থান করে। সুতরাং তাহাদের উভয়েরই সমস্ত রাসায়নিক গুণ ও প্রধান প্রধান ভৌত গুণের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

পরীক্ষা :—(১) ঐ মিশ্রের একটু সামান্য অংশ একটি উত্তল লেন্স কিংবা অণু-বীক্ষণের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাওয়া যায় যে কাল রংএর লৌহ কণিকা ও হলুদ রংএর গন্ধক কণিকা পাশাপাশি অবস্থিত আছে। সুতরাং এই মিশ্রে অণু অপেক্ষা বহু লক্ষ গুণ বড় লৌহ ও গন্ধক কণিকাগুলি অবিকৃত অবস্থাতেই আছে।

(২) ঐ মিশ্রের খানিকটা একখানা কাগজের উপর ছড়াইয়া দিয়া তাহার উপরি-ভাগের অতি নিকটে একখানা চুম্বক লইয়া গেলে লৌহকণিকাগুলি চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হইয়া চুম্বকের দিকে ছুটিয়া আসে ও উহার সহিত সংলগ্ন হয়। কিন্তু গন্ধক কণিকাগুলি কাগজের উপরেই থাকিয়া যায়। ইহাতে প্রতিপন্ন হয় যে ঐ মিশ্রে লৌহের চুম্বকদ্বারা আকর্ষিত হইবার ভৌত গুণ অপরিবর্তিত থাকে এবং ঐ মিশ্র হইতে উহার উপাদানদ্বয়কে একটি স্থূল পদ্ধতিদ্বারা পৃথক করা সম্ভব।

(৩) একটি পরীক্ষা-নলে (test-tube) ঐ মিশ্রের খানিকটা কার্বন ডাই-সালফাইড নামক একপ্রকার জৈব তরল বস্তুর সহিত ঝাঁকাইয়া লইলে গন্ধক ঐ তরল বস্তুতে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু লৌহচূর্ণ ঐরূপ হয় না। তখন উহার তরল অংশকে

২

ফিলটার কাগজের (filter paper) ভিতর দিয়া পরিস্রুত করিয়া একখণ্ড ঘড়ি-কাচে ধরিয়া বাতাসে রাখিলে অল্প সময়ের মধ্যেই তরল বস্তুটি বাতাসে উড়িয়া যায় এবং গন্ধকের দানাসমূহ পড়িয়া থাকে। উপরোক্ত প্রক্রিয়াগুলি স্থূল পদ্ধতি। তৃতীয়টিতে প্রমাণিত হয় যে ঐ মিশ্রে গন্ধকের কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হওয়া রূপ ভৌত গুণ ঠিকই আছে এবং ঐ তিনটি পদ্ধতিতে ইহাও প্রতিপন্ন হয় যে ঐ মিশ্রের দুইটি উপাদানকে স্থূল পদ্ধতিতে পৃথক করা যায়।

(৪) একটি পরীক্ষা-নলে আর একটু ঐ মিশ্র লইয়া তাহাতে একটু লঘু (dilute) সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে দেখিতে পাওয়া যায় যে সালফিউরিক অ্যাসিডের লৌহের সহিত বিক্রিয়ার ফলে গন্ধহীন একটি গ্যাস (হাইড্রোজেন) নির্গত হইতেছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে ঐ মিশ্রে লৌহের অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ারূপ একটি রাসায়নিক গুণ অবিকৃত আছে।

সুতরাং এই সমস্ত পরীক্ষাদ্বারা ইহাই প্রতিপন্ন হয় যে লৌহ ও গন্ধকের ঐরূপ মিশ্রণে তাহাদের কাহারও গুণের কোন পরিবর্তন হয় না এবং উহাদের উভয়কে বিভিন্ন স্থূল পদ্ধতিদ্বারা পৃথক করা সম্ভব। সুতরাং ঐরূপ মিশ্র লৌহ ও গন্ধকের একটি 'সামান্য মিশ্র' মাত্র।

ঐ মিশ্রের খানিকটা আবার একটি পরীক্ষা নলে লইয়া উহা বুনসেন দীপশিখায় উত্তপ্ত করিলে উহা ক্রমশঃ উত্তপ্ত হইয়া গলিয়া যায়। তারপর উহাকে ঠাণ্ডা করিলে তরলবস্তুটি জমিয়া যায়। তখন পরীক্ষা-নলটি ভাঙ্গিয়া ঐ কাল ও কঠিন বস্তুটি গুঁড়া করিয়া ঐ গুঁড়া অণুবীক্ষণ কিংবা উত্তল লেন্স দ্বারা পরীক্ষা করিলে লৌহ ও গন্ধক কণিকার পরিবর্তে নূতন কণিকা দেখা যায়। উহাতে চুম্বক ধরিলে কোন লৌহ কণিকা আকর্ষিত হইয়া উঠিয়া আসে না এবং উহা কারবন ডাই-সালফাইডের সহিত ঝাঁকাইলে উহার গন্ধক দ্রবীভূত হইয়া লৌহ হইতে পৃথক হয় না। উহাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে গন্ধহীন হাইড্রোজেনের পরিবর্তে পচা ডিমের দুর্গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস (সালফারেটেড হাইড্রোজেন) বহির্গত হয়। সুতরাং এই সমস্ত পরীক্ষায় ইহাই প্রমাণিত হয় যে গন্ধক ও লৌহচূর্ণ একত্রে পিষিয়া গলাইলে যে বস্তু প্রস্তুত হয় তাহাতে গন্ধক ও লৌহের কোন গুণই থাকে না ; অতএব তাহা সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী একটি নূতন পদার্থ। ইহার নাম ফেরাস সালফাইড। উত্তাপের সাহায্যে লৌহ ও গন্ধকের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে ইহা তৈয়ারী হয়। ইহার অণুর গঠন লৌহ ও গন্ধকের অণুর গঠন হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন। দুই বা ততোধিক বস্তুর এইরূপ রাসায়নিক মিলনে যখন কোন ভিন্নধর্মী নূতন পদার্থ উৎপাদিত হয় তখন তাহাকে **যৌগ** বা **যৌগিক পদার্থ বলে** এবং এইরূপ প্রক্রিয়াকে **রাসায়নিক বিক্রিয়া** বা কেবল **বিক্রিয়া** বলে।

সামান্য মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয়

সামান্য মিশ্র	যৌগিক পদার্থ
১। ইহা সমসত্ত্ব কিংবা অসমসত্ত্ব এই দুই প্রকারেরই হইতে পারে। ইহার প্রারম্ভিক উপাদানের অণু ও কণিকাগুলি ইহাতে পাশাপাশি থাকে।	১। ইহা সর্বদাই সমসত্ত্ব পদার্থ। ইহাতে ইহার প্রারম্ভিক উপাদানের অণুর কোন অস্তিত্ব থাকে না, ভিন্ন-ধর্মী নূতন অণুর দ্বারা ইহা গঠিত।
২। ইহার গুণ উপাদানগুলির গুণের সমষ্টি মাত্র।	২। ইহার গুণ উপাদানসমূহের গুণ হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন।
৩। ইহার বিভিন্ন উপাদানকে উপযোগী স্থূল পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব।	৩। ইহার বিভিন্ন উপাদানকে কোনপ্রকার স্থূল পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব নয়।
৪। ইহার উপাদানগুলি বিভিন্ন অনুপাতে থাকিতে পারে।	৪। ইহার উপাদানগুলি সর্বদা শুধু একটি নির্দিষ্ট অনুপাতেই থাকে।
৫। ইহার প্রস্তুতির সময়ে তাপ-পরিবর্তন (thermal change) (শোষণ বা নিঃসরণ) হইতেও পারে আবার নাও হইতে পারে।	৫। ইহার প্রস্তুতির সময়ে তাপ-পরিবর্তন হইবেই।

প্রশ্নমালা

১। পদার্থ কাহাকে বলে? পদার্থ ও শক্তির মধ্যে পার্থক্য কি?

২। পদার্থ কি কি অবস্থায় থাকিতে পারে? ভিন্ন ভিন্ন অবস্থায় পদার্থের বিশিষ্ট গুণগুলি বর্ণনা কর।

৩। পদার্থের ভৌত গুণ ও রাসায়নিক গুণ কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

৪। উদাহরণসহ মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা বর্ণনা কর।

৫। মৌলিক পদার্থসমূহের কিভাবে শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে?

৬। অণু ও পরমাণু কাহাকে বলে? তাহাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

৭। পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

৮। ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

৯। নিম্নোক্ত পরিবর্তনগুলি কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত তাহা বল:—(ক) জল ফুটাইয়া স্টীম প্রস্তুত-করণ; (খ) এক টুকরা সোডিয়ম জলে ফেলিলে যে পরিবর্তন লক্ষিত হয়; (গ) মোমবাতির জ্বলন; (ঘ) কাঠকয়লার দহন।

১০। ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় কর।
১১। কিভাবে রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয় তাহা বর্ণনা কর।
১২। সামান্য মিশ্র ও রাসায়নিক যৌগ কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
১৩। সামান্য মিশ্র ও রাসায়নিক যৌগের মধ্যে পার্থক্য কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

তৃতীয় অধ্যায়

সাধারণ পরীক্ষাগার-পদ্ধতি এবং ইহাতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি

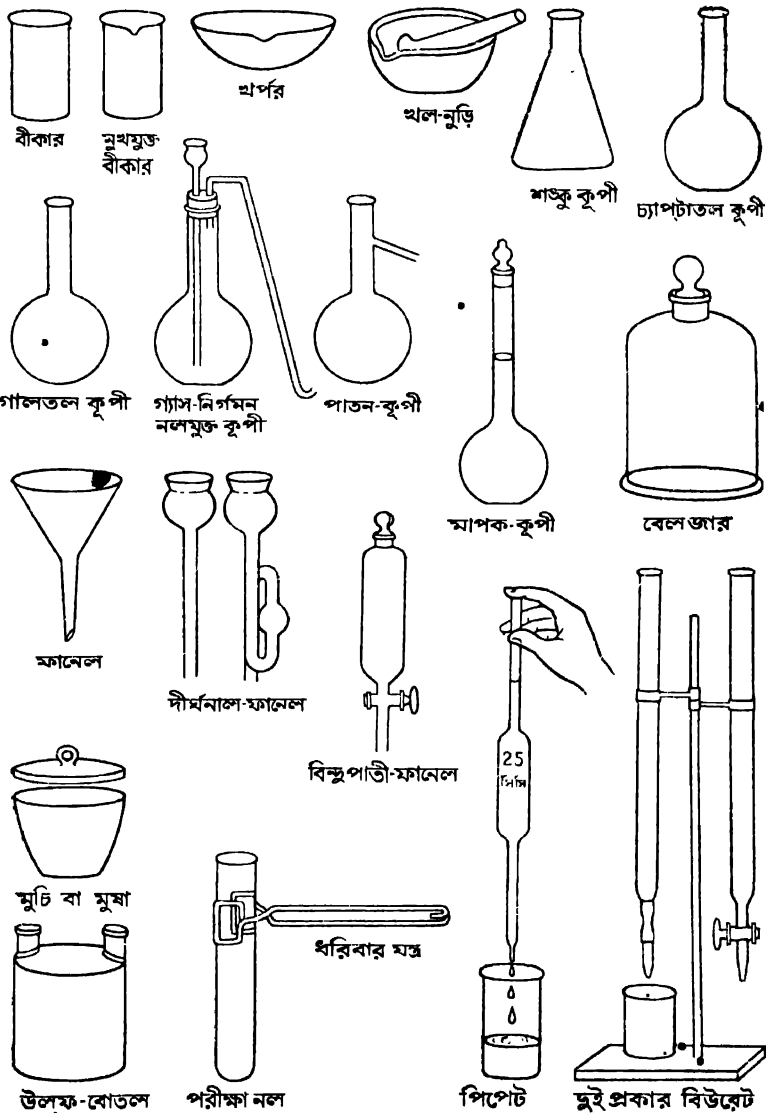
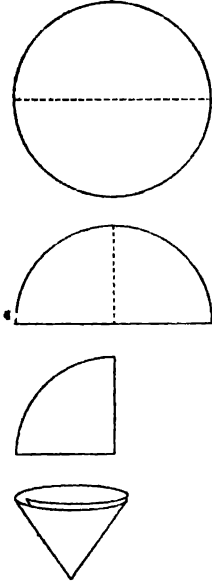
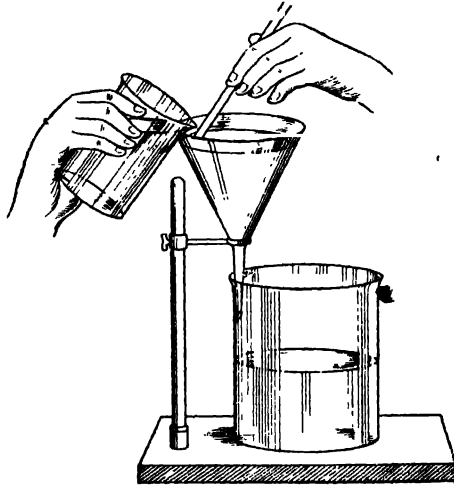
রসায়নাগারে পদার্থের নানাবিধ পরীক্ষার জন্য যে সমস্ত সাধারণ প্রক্রিয়ার সাহায্য লইতে হয়, এই অধ্যায়ে তাহার আলোচনা করা হইতেছে।

(১) **অবলম্বন** (Suspension):—একটি কাচের গ্লাসে কিছুটা পরিষ্কার জল রাখিয়া ও তাহাতে এক টিপ অতি মিহি কয়লা বা খড়ির গুঁড়া ফেলিয়া দিয়া একটি কাচদণ্ড দ্বারা নাড়িলে কয়লা বা খড়ির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকাসমূহ ঐ গ্লাসের জলের সর্বত্র ভাসিতে দেখা যায়। ঐ ক্ষুদ্র কণিকাগুলির এইরূপ অবস্থাকে **অবলম্বন** বলে। এক গ্লাস গঙ্গার ঘোলা জল এইরূপে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে মাটি ও বালির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকাগুলিও ঐরূপ অবলম্বিত অবস্থায় আছে।

(২) **থিতান** (Sedimentation):—এক গ্লাস ঘোলা জল কিছু সময় টেবিলের উপর রাখিয়া দিলে দেখা যায় যে অপেক্ষাকৃত ভারী অদ্রাব্য কণিকাগুলি গ্লাসের তলায় প্রথমে থিতাইয়া পড়ে. তাহার পর অপেক্ষাকৃত হালকা কণিকাগুলিও ক্রমে ক্রমে গ্লাসের তলায় থিতাইয়া পড়ে। তখন দেখা যায় যে গ্লাসের তলায় অদ্রাব্য নরম পদার্থ দ্বারা একপ্রকার গাদ বা কল্ক প্রস্তুত হইয়াছে এবং ইহার উপরিভাগের জল পরিষ্কার ও স্বচ্ছ হইয়াছে। কোন তরল পদার্থে অবস্থিত অদ্রাব্য কণিকাগুলির এইরূপে তলায় জমা হইবার পদ্ধতিকে **থিতান** বলে।

(৩) **আস্রাবণ** (Decantation):—কোন পাত্রের তলায় অবস্থিত গাদকে না ঘাঁটাইয়া এবং পাত্রটিকে কাত করিয়া একখানা কাচদণ্ডের সাহায্যে গাদের উপরিস্থিত পরিষ্কার তরল পদার্থকে সাবধানে ও আস্তে আস্তে ঢালিয়া ফেলার নাম **আস্রাবণ**।

(৪) **পরিস্রাবণ বা পরিস্রুতি** (Filtration):—ফিলটার কাগজ বা অন্য কোনরূপ সরন্ধ্র আচ্ছাদনের সাহায্যে তরল পদার্থ হইতে তাহার মধ্যস্থিত অদ্রাব্য কঠিন পদার্থের কণিকাসমূহকে ছাঁকিয়া পৃথক করিবার পদ্ধতিকে **পরিস্রাবণ** বা **পরিস্রুতি** বলে। এইরূপে পৃথকীকৃত তরল দ্রব্যকে **পরিস্রুৎ** (Filtrate) বলে এবং ফিলটার কাগজের উপরে সংগৃহীত কঠিন বস্তুকে **অবশেষ** (Residue) বলে।

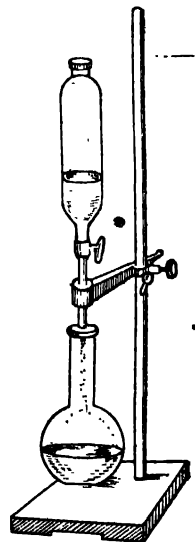
পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি

পরীক্ষাঃ—একখানা গোলাকার ফিলটার কাগজ দুইটি সমান ভাগে ভাঁজ কর; তাহাকে আবার দুইটি সমান ভাগে ভাঁজ কর। এখন তাহার এক ভাঁজ একদিকে ও তিন ভাঁজ অন্যদিকে রাখিয়া শঙ্কুর cone) আকারে তাহার ভাঁজ খোল

চিত্র—১ চিত্র—২

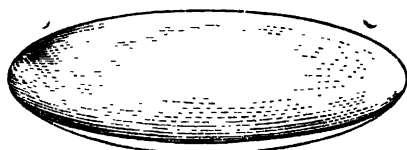
(চিত্র—১)। তাহাকে সেই অবস্থায় আঙ্গুলের সাহায্যে একটি ফানেলের মধ্যে মিল করিয়া আঁটিয়া, কয়েক ফোঁটা জল দ্বারা তাহা ভিজাইয়া দাও। এরূপ অবস্থায় ফানেল ও ফিলটার কাগজের মধ্যে যেন কোন বাতাসের অংশ না থাকে। এখন ফিলটার কাগজসহ ঐ ফানেলকে কোন উপযোগী দাঁড়ের (Stand) উপর বসাইয়া উহার নীচে একটি বীকার (Beaker) এমনভাবে রাখ যাহাতে উহার ভিতরের গা ফানেলের নালের (stem) সঙ্গে সংযুক্ত থাকে।

একটি বীকারে খানিকটা জল লইয়া ও তাহাতে কিছু মিহি খড়িচূর্ণ একখানা কাচদণ্ড দ্বারা মিশাইয়া লইয়া বীকারটিকে একটু কাত করিয়া ঐ কাচদণ্ডের সাহায্যেই মিশ্রটিকে ফিলটার কাগজের শঙ্কুর মধ্যে আস্তে আস্তে ঢালিয়া দাও (চিত্র—২)। এখন দেখিতে পাইবে পরিষ্কার জল চোয়াইয়া নীচের বীকারে পড়িতেছে এবং খড়িচূর্ণ

ফিলটার কাগজের উপর আটকাইয়া রহিয়াছে। এই পদ্ধতিতে তরল পদার্থকে তাহার মধ্যস্থিত অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক করা হয়।

(৫) **নিষ্কাশন** (Extraction) ঃ—দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রের মাত্র একটি উপাদান যখন জল, কোহল, ইথার প্রভৃতি তরল দ্রাবকের (solvent) কোন একটিতে দ্রবণীয় দেখা যায় তখন সেই দ্রাবক ব্যবহার করিয়া বিয়োজী ফানেলের (Separating funnel) সাহায্যে তাহাকে মিশ্রের অন্যান্য উপাদান হইতে পৃথক করিবার পদ্ধতিকে **নিষ্কাশন** বলে। তরল উপাদানে গঠিত মিশ্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিতে হয়।

পরীক্ষা ঃ—একটি বিয়োজী ফানেলে খানিকটা কোহল ও বেনজিনের মিশ্র লইয়া তাহাতে কিছু জল দিয়া ঝাঁকাও। পরে তাহাকে দাঁড়ের সাহায্যে খাড়াভাবে বসাইয়া দিয়া তাহার নীচে একটি কাঁচ-কূপী রাখ (চিত্র—৩)। কোহল জলে দ্রবণীয় কিন্তু বেনজিন জলে দ্রবণীয় নহে। কোহল জলের সঙ্গে সমসত্ত্বভাবে মিশিয়া গিয়া একটি দ্রবের সৃষ্টি করিবে এবং বেনজিন তাহার উপর ভাসিতে থাকিবে। এখন বিয়োজী ফানেলের নালের স্টপকক্ খুলিলে নীচের জলীয় অংশ নিম্নস্থ কূপীতে পড়িবে। যখন এই অংশ সম্পূর্ণরূপে বহির্গত হইবে তখন স্টপককটি বন্ধ করিলে বেনজিন বিয়োজী ফানেলের মধ্যে থাকিয়া যাইবে।

চিত্র—৩

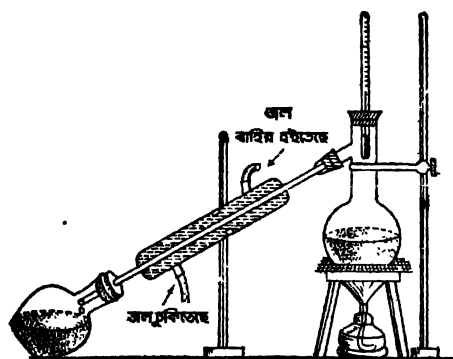
(৬) **বাষ্পীভবন** বা **বাষ্পীকরণ** এবং **স্ফুটন** ঃ—যদি একটু কারবন ডাই-সালফাইড একটি ঘড়ি-কাচ (চিত্র—৪) বা বাষ্পীকরণ থালিতে (evaporating dish) (চিত্র—৫) রাখিয়া দেওয়া যায় তবে অল্প সময়ের মধ্যেই উহা বাষ্পীভূত হইয়া বাতাসে অদৃশ্য হইয়া যায়। তরল পদার্থের এইরূপে বাষ্পীভূত হইবার নাম **বাষ্পীভবন**। এই পরিবর্তন শুধু তরল পদার্থের উপরিতলেই সংঘটিত হয়, ভিতরের অংশ ইহাতে কোনরূপ ভূমিকাই গ্রহণ করে না। ইহা স্বতঃস্ফূর্ত। কিন্তু পোরসিলেনের খর্পরে (Porcelain

ঘড়ি-কাচ
চিত্র—৪

বাষ্পীকরণ থালি
চিত্র—৫

basin) কিছু জল রাখিয়া ও উহা তার-জালির উপর বসাইয়া নীচ হইতে বুনসেন-দীপ সাহায্যে তপ্ত করিলে দেখা যায় যে জল ক্রমশঃ উত্তপ্ত হইয়া অবশেষে উহার সমস্ত অংশই ফুটিতে থাকে এবং উহা দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইতে থাকে। তরল পদার্থের এইরূপে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবার নাম **স্ফুটন**। তরল বস্তুর সমস্তটাই স্ফুটন ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে।

উষ্ণতা হ্রাস দ্বারা পদার্থের বাষ্পীয় অবস্থা হইতে তরলতা প্রাপ্তির নাম **ঘনীভবন** (condensation) এবং যে উষ্ণতায় ইহা সম্পন্ন হয় তাহাকে **ঘনাঙ্ক** বলে। বিশুদ্ধ পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনাঙ্ক একই।

(ঘ) **পাতন** (Distillation) ঃ—কোন তরল বস্তুকে উত্তাপের সাহায্যে ফুটাইয়া দ্রুত বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিয়া পুনরায় তরল অবস্থায় ফিরাইয়া আনিবার যুক্ত পদ্ধতিকে **পাতন** বলে। পাতন দ্বারা যে তরল অংশ সংগৃহীত হয় তাহাকে **পাতিত অংশ** (Distillate) বলে ও যে অংশ পাতন-কূপীতে অবশিষ্ট থাকে তাহাকে **অবশেষ** বলে। এই পদ্ধতিতে তরল পদার্থকে তাহার মধ্যস্থিত দ্রাব্য ও অদ্রাব্য কঠিন ও অনুদ্বায়ী অপদ্রব্য হইতে বিশুদ্ধ করা হয়।

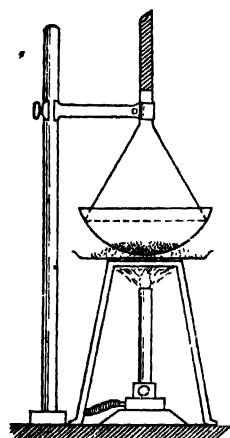
পরীক্ষা ঃ—একটি পাতন-কূপীতে খানিকটা জল ঢালিয়া তাহাতে তুঁতিয়া (Copper Sulphate) গুলিয়া লও ও উহার মুখ থার্মোমিটারযুক্ত একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। ৬নং চিত্রানুযায়ী ঐ কূপীটি এখন দাঁড়সংলগ্ন একটি লোহ বা পিতলের বেড়ির (clamp) সাহায্যে ঐ দাঁড়সংলগ্ন একটি লৌহবলয়ের উপরিস্থিত একখানা তার-জালির উপর স্থাপন কর। কূপীর পার্শ্বনলটি তারপর একটি কর্কের সাহায্যে একটি লিবিগ-শীতকের (Liebig's condenser) সহিত সংলগ্ন কর। শীতকটি বেড়ির সাহায্যে আর একটি দাঁড়ের সঙ্গে একটু কাত করিয়া সংযুক্ত কর। শীতকটির নীচের দিকের মুখে একটি গ্রাহক (receiver) সংলগ্ন কর। তার-জালির নীচে এখন একটি বুনসেন-দীপ জ্বালাইয়া রাখ ও শীতকের এককেন্দ্রিক নল দুইটির মধ্যবর্তী অংশের ভিতর দিয়া রবারের নলের

চিত্র—৬

সাহায্যে কল হইতে জল নীচের দিক হইতে উপরের দিকে চালিত করিয়া উপরের পার্শ্বনলের মধ্য দিয়া বাহির করিয়া দাও। কূপীমধ্যস্থিত তুঁতিয়ার জলীয় দ্রব ক্রমশঃ অধিকতর উত্তপ্ত হইয়া অবশেষে একটি বিশেষ উষ্ণতায় ফুটিতে থাকিবে। কূপীর মুখসংলগ্ন থারমোমিটারে এই উষ্ণতা পরিলক্ষিত হইবে। তখন তুঁতিয়া অনুদ্বায়ী হওয়ায় শুধু জলীয় বাষ্প উত্থিত হইয়া শীতকের ভিতরের নলের মধ্যে প্রবেশ করিবে। তাহার চারিদিকে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত হওয়ায় সেস্থানের উষ্ণতা জলের ঘনাঙ্ক অপেক্ষা অনেক কম; সুতরাং সেখানে জলীয় বাষ্প পুনরায় তরলত্ব প্রাপ্ত হইয়া ফোঁটায় ফোঁটায় গ্রাহকের ভিতর পতিত হইবে। এইরূপে সংগৃহীত জল অনুদ্বায়ী অপদ্রব্য হইতে মুক্ত ও বিশুদ্ধ। ইহাকে পাতিত জল বলে।

(৮) **আংশিক পাতন** (**Fractional distillation**):—যখন কোন মিশ্রের দুইটি উপাদান তরল পদার্থ ও তাহাদের স্ফুটনাঙ্কের ব্যবধান বেশী তখন তাহাকে ক্রমশঃ উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় যে যখন তাহার উষ্ণতা তাহার কম স্ফুটনাঙ্কযুক্ত উপাদানের স্ফুটনাঙ্ক হইতে সামান্য বেশী হয় তখন তাহা ফুটিতে থাকে। কিন্তু সে সময় শুধু তাহার কম স্ফুটনাঙ্কযুক্ত উপাদানই বাষ্পে পরিণত হয়, বেশী স্ফুটনাঙ্কযুক্ত উপাদান তরল অবস্থাতেই থাকিয়া যায়। কম স্ফুটনাঙ্কযুক্ত উপাদান একেবারে নিঃশেষিত হইলে অবশিষ্ট অংশের উষ্ণতা ক্রমশঃ বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইয়া অবশেষে ইহা যখন দ্বিতীয় উপাদানের স্ফুটনাঙ্কের সমান হয় তখন ইহাও ফুটিয়া বাষ্পাকারে পরিবর্তিত হয়। পাতনযন্ত্রের সাহায্য লইলে এইরূপ মিশ্রের দুই বা ততোধিক উপাদানকে এইভাবে পৃথক করা সম্ভবপর। এই পদ্ধতিতে কোন মিশ্রের দুই বা ততোধিক উপাদানকে পৃথককরণের নাম **আংশিক পাতন**।

উদাহরণ:—একটি পরীক্ষা-নলে কিছু ঈথার ও অ্যানিলিন লইয়া ঝাঁকাইলে উহাদের দ্বারা একটি সমসত্ত্ববিশিষ্ট মিশ্র প্রস্তুত হয়। একটি বীকারে জল লইয়া তাহা 50° – 60°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া তাহার মধ্যে ঐ মিশ্রসহ পরীক্ষা-নলটী রাখিলে দেখা যায় যে মিশ্রের উষ্ণতা 35°C (ঈথারের স্ফুটনাঙ্ক) হইতে সামান্য বেশী হইলেই উহা ফুটিতে থাকে। কিন্তু তখন শুধু ঈথারই বাষ্পে পরিণত হয়। অ্যানিলিন উত্তপ্ত হইলেও স্ফুটনে কোন অংশ গ্রহণ করে না। সমস্ত ঈথার নিঃশেষিত হইলে শুধু অ্যানিলিন অবশেষরূপে পরীক্ষা-নলে পড়িয়া থাকে। উহাকে উত্তপ্ত করিলে যখন উহার উষ্ণতা উহার স্ফুটনাঙ্কের (183°C) সমান হয় তখন উহাও ফুটিতে থাকে। একটি পাতনযন্ত্রের সাহায্যে ঈথার ও অ্যানিলিনকে উহাদের মিশ্র হইতে পৃথক করা যাইতে পারে।

(৯) **উর্ধ্বপাতন** (Sublimation) ঃ—সাধারণতঃ দেখা যায় যে কোন কঠিন বস্তুকে উত্তপ্ত করিলে তাহা প্রথমে গলিয়া তরলত্ব প্রাপ্ত হয়। ঐ তরল অবস্থায় আরও উত্তপ্ত করিলে তাহা ফুটিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। ঐ বাষ্পকে আবার ঠাণ্ডা করিলে উহা ঘনীভূত হইয়া পুনরায় তরলত্ব প্রাপ্ত হয় এবং ঐ অবস্থায় উহাকে আরও ঠাণ্ডা করিলে উহা অবশেষে জমিয়া পুনরায় কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। পদার্থের এইভাবে অবস্থান্তর প্রাপ্তিই স্বাভাবিক। কিন্তু আয়োডিন, কর্পূর, নিশাদল প্রভৃতি এমন কতকগুলি কঠিন বস্তু আছে যাহাদিগকে উত্তপ্ত করিলে না গলিয়া তাহারা সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় এবং উহাদের বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে তাহা তরলত্ব প্রাপ্ত না হইয়া সোজাসুজি কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। উত্তাপ সহযোগে পদার্থের কঠিন অবস্থা হইতে বাষ্পীয় অবস্থা প্রাপ্তি ও উত্তাপ অপসরণে উহার ঐ বাষ্পীয় অবস্থা হইতে পুনরায় কঠিন অবস্থা প্রাপ্তি, এই দুই রূপান্তরের সমষ্টিকে **উর্ধ্বপাতন** বলে। উর্ধ্বপাতন-ক্রিয়ায় প্রাপ্ত পদার্থকে **উৎক্ষেপ** বলে।

পরীক্ষা (বালি ও নিশাদলকে উহাদের মিশ্র হইতে পৃথককরণ) ঃ—ত্রিপদ দাঁড়ে অবস্থিত তার-জালির উপরে একখানা পোরসিলেনের খর্পর রাখ এবং উহাতে একটু বালি ও নিশাদল মিশ্র লও। ৭নং চিত্রানুযায়ী উহাকে একটি উল্টামুখো ফানেলদ্বারা বেশ করিয়া ঢাকিয়া রাখ। ফানেলের গায়ে একটুকরা ভিজা চোষক কাগজ (Blotting paper) জড়াইয়া রাখ ও উহার নালের মুখ ঐরূপ ভিজা কাগজের গুঁজি দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। বুনসেন-দীপের সাহায্যে এখন খর্পরকে উত্তপ্ত কর। এইবার দেখিতে পাইবে যে নিশাদলের সাদা ধূম উত্থিত হইয়া ফানেলের ঠাণ্ডা ভিতরের গায়ের সংস্পর্শে আসিয়া সোজা জমিয়া একটি কঠিন আবরণ সৃষ্টি করিবে ও অনুদ্বায়ী বালি অপরিবর্তিত অবস্থায় খর্পরেই পড়িয়া থাকিবে। সাদা ধূমের উত্থান বন্ধ হইলে কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। উহা ঠাণ্ডা হইলে নিশাদলের প্রলেপ একখানা হাড়ের ছুরিকা দ্বারা চাঁচিয়া একখানা কাগজের উপর রাখ। এইরূপে বালি অবশেষরূপে খর্পরে পড়িয়া থাকিবে এবং নিশাদল উৎক্ষেপরূপে পৃথকভাবে পাওয়া যাইবে।

চিত্র—৭

(১০) **দ্রবণ বা দ্রব** (Solution) ঃ—একটি বীকারে খানিকটা জল লইয়া ও তাহাতে সামান্য একটু চিনি ফেলিয়া দিয়া একখানা কাচখণ্ড দ্বারা নাড়িলে

দেখা যায় যে জলকে অস্বচ্ছ বা আবিল না করিয়া চিনি ইহার মধ্যে অদৃশ্য হইয়া যায়। কিন্তু মিশ্রের মিষ্ট স্বাদ হইতে এবং অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা ইহাতে চিনির অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়। চিনির পরিবর্তে খাদ্য লবণও জলের সহিত এভাবে মিশ্রিত করিলে খাদ্য লবণেরও এইরূপ অবস্থান্তর ঘটে। এই কারণে বলা হয় যে চিনি ও লবণ জলে দ্রবণীয়। এই প্রকার মিশ্রের প্রত্যেক অংশে ইহার উপাদানগুলির অনুপাত একই পাওয়া যায়; সুতরাং ইহার প্রত্যেক অংশের গুণও একই এবং ইহা একটি সমসত্ত্ব মিশ্র। এইরূপ দুই বা ততোধিক বস্তুর সমসত্ত্ব মিশ্রকে **দ্রবণ** বা **দ্রব** (solution) বলে। দ্রবের যে উপাদানের অনুপাত বেশী তাহাকে **দ্রাবক** (solvent) এবং যাহার অনুপাত কম তাহাকে দ্রাব (solute) বলে। চিনি ও লবণের জলীয় দ্রবে জলকে দ্রাবক এবং চিনি ও লবণকে দ্রাব বলে। কিন্তু বালি, গন্ধক, লৌহচূর্ণ প্রভৃতি এমন অনেক বস্তু আছে যাহারা জলে দ্রবণীয় নহে। তাহাদিগকে জলে অদ্রবণীয় বলে। আর ইহাও দেখা যায় যে গন্ধক জলে দ্রবণীয় না হইলেও কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়।

এখন দেখা যাক একটি বীকারে কিছু জল লইয়া তাহাতে বারবার অল্প অল্প পরিমাণ চিনি দিয়া একটি কাচদণ্ড দ্বারা ঘাঁটিলে কতক্ষণ পর্যন্ত চিনি ঐ পরিমাণ জলে দ্রবীভূত হয়। এইরূপ প্রক্রিয়ায় ইহা প্রতিপন্ন হয় যে প্রথম প্রথম চিনি সম্পূর্ণরূপে জলের সংগে মিশিয়া যায়। কিন্তু অবশেষে চিনি জলে আর না মিশিয়া বীকারের তলায় অদ্রাব্য অবস্থায় থাকে। তখন বোঝা যায় যে ঐ পরিমাণ জল চিনিকে আর অধিকমাত্রায় দ্রবীভূত করিতে পারিতেছে না।

এরূপ অবস্থায় যে দ্রব প্রস্তুত হয় তাহাকে **সংপৃক্ত** (Saturated) **দ্রব** বলে। অদ্রাব্য চিনিযুক্ত সংপৃক্ত দ্রবকে উত্তপ্ত করিলে বা তাহাতে আরও জল দিয়া নাড়িলে অবশিষ্ট অদ্রাব্য চিনি আবার দ্রবীভূত হইয়া যায়। সুতরাং ইহাই প্রতিপন্ন হয় যে কোন নির্ধারিত উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ জল শুধু নির্দিষ্ট পরিমাণ চিনিকেই দ্রবীভূত করিতে পারে। এই সিদ্ধান্ত শুধু জল ও চিনি সম্বন্ধেই প্রযোজ্য নহে; ইহা প্রত্যেক দ্রাবক ও তাহার দ্রাব সম্বন্ধে প্রযোজ্য। অতএব ইহা বলা যাইতে পারে যে প্রত্যেক দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রাবের স্ব স্ব দ্রবণীয়তা আছে যাহা সাধারণতঃ নির্ভর করে দ্রাবক ও দ্রাবের প্রকৃতি ও উষ্ণতার উপর যদিও গ্যাসীয় অবস্থায় দ্রাবের দ্রবণীয়তা নির্ভর করে প্রযুক্ত চাপের উপরেও। 100 গ্রাম ওজনের দ্রাবক কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সর্বাধিক যত গ্রাম দ্রাবকে স্থায়ীভাবে উহার মধ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় রাখিতে পারে তাহাকে ঐ দ্রাবকে ঐ দ্রাবের

দ্রাব্যতা বা **দ্রবণীয়তা** (solubility) বলে। অধিকাংশক্ষেত্রেই দ্রবণীয়তা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া থাকে।

যখন দ্রবে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবে অবস্থিত পরিমাণ অপেক্ষা কম পরিমাণ দ্রাব থাকে ও উহাতে আরও অধিকমাত্রায় দ্রাব দ্রবীভূত হইতে পারে তখন তাহাকে **অসংপৃক্ত** (**Unsaturated**) **দ্রব** বলে। যেমন চিনির যে জলীয় দ্রব প্রথম অবস্থায় তৈয়ারী হইয়াছিল তাহা চিনির অসংপৃক্ত দ্রব। নানাভাবে অসংপৃক্ত দ্রবের **মান** বা **মাত্রা** (concentration) ব্যক্ত করা হয়। **শতকরা হার** (percentage—%) তাহাদের মধ্যে অন্যতম। দ্রবের ওজনের 100 ভাগে দ্রাবের পরিমাণ যত ভাগ থাকে তাহাকে দ্রবের **শতকরা হার** বলে। যেমন 100 গ্রাম দ্রবে যদি 10 গ্রাম দ্রাব থাকে তবে তাহাতে 90 গ্রাম দ্রাবক থাকিবে এবং ঐ দ্রবকে 10 শতকরা হার (10%) দ্রব বলে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দ্রবের 100 ঘন সেন্টিমিটার (সি. সি.) আয়তনে যত গ্রাম দ্রাব থাকে তাহাকেও ঐ দ্রবের শতকরা হার বলা হইয়া থাকে। 100 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবে যদি 5 গ্রাম দ্রাব থাকে তাহাকেও 5 শতকরা হার (5%) দ্রব বলা হয়। আম্লিক (acidic) ও ক্ষারীয় (alkaline) দ্রবের মান তুল্যাঙ্ক মাত্রায় (**Normality—N**) ব্যক্ত করা হয়। এ সম্বন্ধে পরে আলোচিত হইবে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দ্রবে সংপৃক্ত অবস্থায় যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবণীয় থাকা উচিত তাহা হইতেও অধিকমাত্রায় দ্রবণীয় থাকে ; সেইরূপ দ্রবকে **অতি-পৃক্ত** (**Super saturated**) **দ্রব** বলে। ইহা অস্থায়ী। সামান্য আলোড়ন বা ব্যাঘাতেই ইহা ভাঙ্গিয়া সংপৃক্ত দ্রবে পরিণত হয় ও অতিরিক্ত দ্রাব অদ্রাব্য ও কঠিন অবস্থায় পৃথকীকৃত হয়।

পরীক্ষা ঃ—একটি ছোট শঙ্কু-কূপীর অর্ধেকটা কেলাসিত (crystallized) সোডিয়ম থায়োসালফেট দ্বারা ভর্তি করিয়া উহা সামান্য উত্তাপে গলাও। এখন কূপীর মুখ কর্ক দ্বারা আঁটিয়া টেবিলের উপরে ঠাণ্ডা হইতে দাও। উহা ঘরের উষ্ণতায় আসিলেও তরল অবস্থাতেই থাকিবে। এই অবস্থায় উহা থায়োসালফেটের একটি অতি-পৃক্ত জলীয় দ্রব। কারণ উহা ভালভাবে ঝাঁকাইলে বা উহাতে একটি থায়োর-কেলাস ফেলিয়া দিলে অতিরিক্ত থায়ো কঠিন অবস্থায় অধঃক্ষিপ্ত হইবে ও উহার সংপৃক্ত দ্রব প্রস্তুত হইবে।

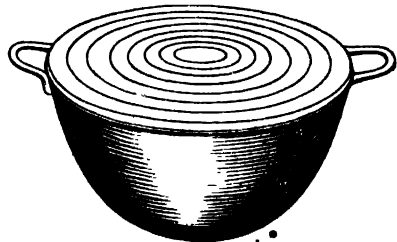
দ্রবের প্রকার ভেদ—বিভিন্ন অবস্থার দ্রাবক ও দ্রাবের সংযোগে অসংখ্য প্রকার দ্রবের সৃষ্টি হয়। তাহাদের মধ্যে নিম্নলিখিতগুলি প্রধান ও প্রয়োজনীয়।

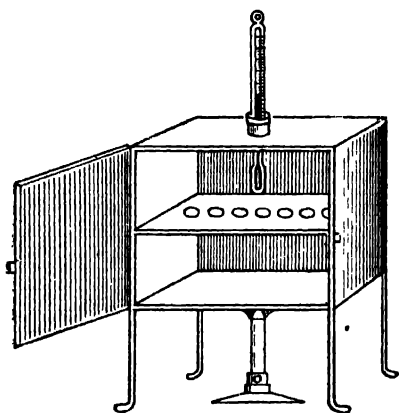
(ক) **তরল দ্রাবকে কঠিন পদার্থের দ্রব**ঃ—ইহাদের সংখ্যাই সর্বাধিক। জলই তরল দ্রাবকদিগের মধ্যে সর্বাপেক্ষা সস্তা এবং সর্বাপেক্ষা অধিকসংখ্যক বস্তুকে দ্রবীভূত করে। সেইজন্য ইহার ব্যবহার সর্বাপেক্ষা অধিক এবং ইহাকে সর্বজনীন দ্রাবক বলে। অসংখ্যপ্রকার লবণ, চিনি, ইউরিয়া, সাইট্রিক-অ্যাসিড প্রভৃতি নানাপ্রকার পদার্থ ইহাতে দ্রবণীয়। জল ভিন্ন নানাপ্রকার জৈব তরল পদার্থও দ্রাবকরূপে কঠিন পদার্থকে দ্রবীভূত করে। যেমন গন্ধক কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়। মিথাইল অ্যালকোহল ও মিথিলেটেড স্পিরিট গালা ও নানাবিধ রঞ্জনদ্রব্যের দ্রাবকরূপে বিভিন্নপ্রকার বার্ণিশ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। নানাবিধ চর্বি ও তৈল নিষ্কাশনে ইথার ও বেনজিন দ্রাবকরূপে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

দ্রাবের দ্রাব্যতা নির্ধারণঃ—ঘরের সাধারণ উষ্ণতায় দুই উপায়ে দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যাইতে পারে—

(১) এই উষ্ণতাতে খানিকটা পাতিত (distilled) জল প্রয়োজন হইতে একটু অধিক পরিমাণ কঠিন দ্রাবসহ ছিপি আঁটা পরিষ্কার শিশিতে উপযোগী সময় পর্যন্ত ঝাঁকাইয়া সংপৃক্তদ্রব প্রস্তুত করিয়া ও (২) দ্রাবককে তাহার স্ফুটনাঙ্কে দ্রাবদ্বারা সংপৃক্তপূর্বক তাহাকে ঘরের উষ্ণতায় আনয়ন করিয়া।

(১) **পরীক্ষা**ঃ জলে নাইটারের (KNO_3) দ্রাব্যতা নির্ধারণঃ—একটি পরিষ্কার বোতলে খানিকটা পাতিত জল লইয়া তাহাতে একটু সামান্য বেশী পরিমাণ চূর্ণীকৃত নাইটার দাও ও বোতলের মুখ ছিপি দ্বারা ভালভাবে আঁটিয়া দাও। এখন উহাকে ১৫-২০ মিনিট কাল ঝাঁকাও। মাঝে মাঝে দেখ কিছুটা কঠিন নাইটার অবশিষ্ট আছে কি না; অবশিষ্ট না থাকিলে উহাতে আরও অধিক পরিমাণ নাইটার দাও। এইরূপভাবে ঝাঁকাইয়া যখন দেখিবে যে নাইটার আর দ্রবীভূত হইতেছে না তখন ঐ সংপৃক্ত দ্রব একখানা শুষ্ক ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত কর। পরিস্রুতের প্রথম অংশ দ্বারা একটি বীকারকে ৩।৪ বার ভালভাবে ধুইয়া উহাতে অবশিষ্টাংশ সংগ্রহ কর।

এখন একটি পোরসিলেনের শুষ্ক খর্পর ওজন করিয়া তাহাতে ঐ দ্রবদ্বারা পূর্বে ধৌত একটি পিপেটের সাহায্যে 25 সি.সি. দ্রব লও। দ্রবসহ ঐ খর্পর আবার ওজন কর। এখন উহাকে একটি উত্তপ্ত জলগাহ (চিত্র—৮) বা বালি খোলার উপর বসাইয়া সমস্ত

চিত্র—৮

দ্রাবককে বাষ্পীভূত করিয়া সম্পূর্ণরূপে উড়াইয়া দাও। জলগাহ ব্যবহৃত হইলে কঠিন দ্রাবসহ ঐ খর্পর 110°C – 120°C উষ্ণতার একটি বায়ু-চুল্লীতে (চিত্র—৯) শুষ্ক করিয়া একটি শোষকাধারে (Desiccator) (চিত্র—১০) রাখিয়া ঠাণ্ডা কর। তারপর উহার ওজন লও। যতক্ষণ পর্যন্ত একটি অপরিবর্তিত ওজন না পাওয়া যায় ততক্ষণ বার বার উহাকে বায়ু-চুল্লীতে উত্তপ্ত ও শোষকাধারে ঠাণ্ডা করার প্রয়োজন।

চিত্র—৯

এখন নিম্নলিখিতভাবে হিসাব করিয়া নাইটারের দ্রাব্যতা বাহির কর :—

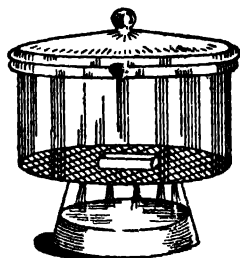
শুষ্ক খর্পরের ওজন = w_1 গ্রাম

দ্রব সমেত (+) খর্পরের ওজন = w_2 গ্রাম

খর্পর + নাইটারের ওজন = w_3 „

∴ জলের ওজন = ($w_2 - w_3$) „

নাইটারের ওজন = ($w_3 - w_1$) „

∴ ($w_2 - w_3$) গ্রাম জলে ($w_3 - w_1$) গ্রাম নাইটার দ্রবণীয়।

চিত্র—১০

অতএব 100 গ্রাম জলে $\dfrac{(w_3 - w_1)}{w_2 - w_3} \times 100$ গ্রাম নাইটার দ্রবণীয়।

ঘরের সাধারণ উষ্ণতায় জলে ইহাই নাইটারের দ্রাব্যতা। পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে 25°C এ জলে নাইটারের দ্রাব্যতা হইল 40·2 গ্রাম।

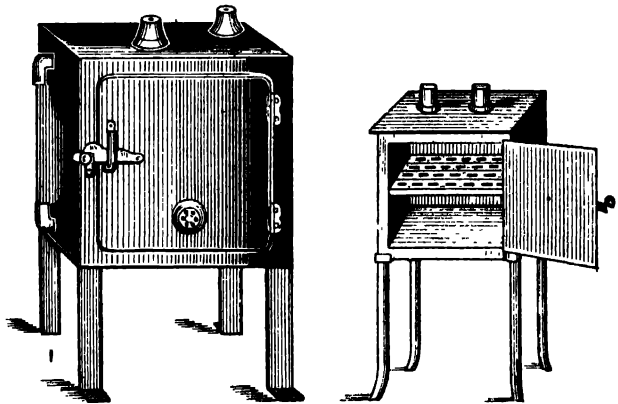
(২) দ্বিতীয় প্রণালীতে **কেলাসন** (crystallisation) পদ্ধতি প্রয়োগ করিতে হয়।

পরীক্ষা :—একটি 250 সি. সি. বীকারে প্রায় 100 সি. সি. জল লইয়া তাহাতে খানিকটা নাইটার-চূর্ণ দিয়া তার-জালির উপর বুনসেন দীপের সাহায্যে ফুটাও ও একখানা কাচদণ্ড দিয়া নাড়। নাইটার দ্রবীভূত হইলে উহা আরও অধিক পরিমাণে দাও ও কাচদণ্ড দ্বারা নাড়িতে থাক। যতক্ষণ পর্যন্ত কাচদণ্ড দ্রব হইতে উপরে তোলা মাত্র উহাতে দ্রাবের একটি কঠিন প্রলেপ না পড়ে ততক্ষণ পর্যন্ত নাইটার-চূর্ণ ফুটন্ত দ্রবে দিতে থাক। ঐরূপ প্রলেপ পড়িলে আর নাইটার না দিয়া বুনসেন-দীপ

সরাইয়া লও ও দ্রব ঠাণ্ডা হইবার সময় উহা ক্রমাগত কাচদণ্ড দ্বারা নাড়িতে থাক। দেখিতে পাইবে উষ্ণতা হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে দ্রাবের ছোট ছোট নির্দিষ্ট আকৃতির কঠিন দানাসমূহ দ্রব হইতে পৃথক হইয়া অদ্রাব্য অবস্থায় আসিতেছে। দ্রাবের নির্দিষ্ট আকারের দানাসমূহের দ্রব হইতে এইভাবে পৃথকীভবনের নাম **কেলাসন** (**crystallisation**) এবং এইরূপ দানাকে **কেলাস** (crystal) বলে। প্রত্যেক জাতীয় কেলাসের একটি করিয়া স্ব স্ব জ্যামিতিক আকৃতি আছে। অণুবীক্ষণ দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে ইহাদের বহির্ভাগ সমতল।

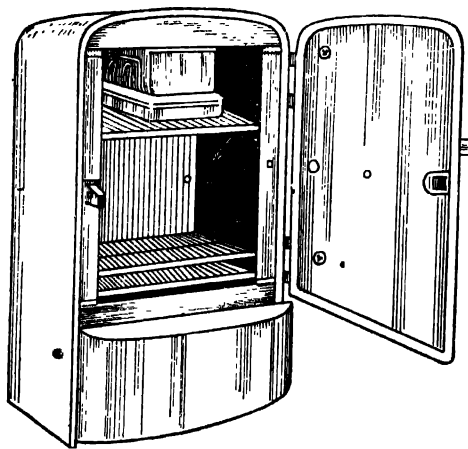
এইভাবে ক্রমে ক্রমে ঠাণ্ডা হইয়া যখন দ্রব ঘরের উষ্ণতা প্রাপ্ত হয় তখন পূর্বোক্ত উপায়ে নাইটারের দ্রাব্যতা নিরূপণ করা যায়।

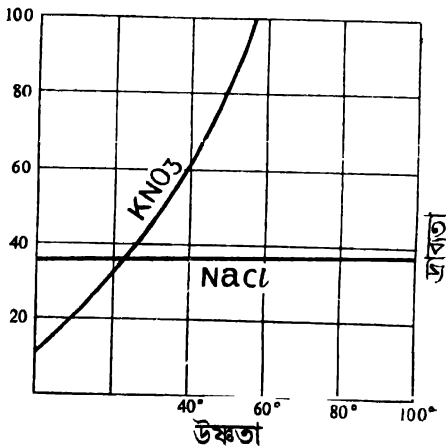
সাধারণ উষ্ণতা হইতে অধিক কিংবা অল্প উষ্ণতায় পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ধারণ করিতে হইলে বিভিন্নপ্রকার চুল্লী ও প্রকোষ্ঠ ব্যবহার করিতে হয়। বর্তমানে বৈদ্যুতিক তারযুক্ত নানারূপ নকসার বায়ু-চুল্লী পাওয়া যায় যাহাতে বিদ্যুৎপ্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিয়া ইচ্ছামত একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা যে কোন সময়ব্যাপী অপরিবর্তিত রাখা যায়। এরূপ বায়ু-চুল্লীর সাহায্যে ইচ্ছামত উচ্চতর উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রব প্রস্তুত করিয়া সেই উষ্ণতায় পূর্বোক্ত পদ্ধতিমত দ্রাবের দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যায়।

বিদ্যুতের সাহায্যে উত্তপ্ত করিবার ব্যবস্থাহীন সাধারণ বায়ু-চুল্লীও পাওয়া যায়। তাহাকে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিতে হয়। বায়ু-চুল্লী ভিন্ন স্টীম-কোষ্ঠও ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা দ্বিদেয়াল বিশিষ্ট (চিত্র—১১)। দুই দেয়ালের মধ্যস্থিত অংশ জলপূর্ণ করিয়া তাহা বুনসেন-দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিতে হয়। দীপ-শিখার আয়তন ছোট বড় করিয়া প্রকোষ্ঠ মধ্যে নানা উষ্ণতা সৃষ্টি করা যায়। কিন্তু সাধারণতঃ দেয়াল-মধ্যস্থিত জল ফুটাইয়া 100°C বা তাহা হইতে সামান্য কম উষ্ণতার জন্যই এরূপ প্রকোষ্ঠ সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

চিত্র—১১

জলযুক্ত অনুদ্বায়ী পদার্থকে শুষ্ক করিবার জন্যও এই সমস্ত চুল্লী ও প্রকোষ্ঠ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

ঘরের সাধারণ উষ্ণতা হইতে নিচু উষ্ণতায় পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ণয় করিতে হইলে **হিম-প্রকোষ্ঠ** (Refrigerator) (চিত্র—১২) ব্যবহার করিতে হয়। বর্তমানে নানা আকৃতির হিম-প্রকোষ্ঠ পাওয়া যায়। তাহাতে প্রয়োজনানুসারে নির্দিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন নিচু উষ্ণতায় পদার্থের সংপৃক্ত দ্রব প্রস্তুত করিয়া তাহার দ্রাব্যতা নিরূপণ করা যায়।

চিত্র—১২

পরীক্ষাদ্বারা জানা গিয়াছে যে এই শ্রেণীর দ্রবে সাধারণতঃ উষ্ণতা বৃদ্ধিতে দ্রাবের দ্রাব্যতাও বৃদ্ধি পায়। যেমন 30°Cএ জলে পটাসিয়ম ক্লোরেটের দ্রাব্যতা 10 গ্রাম। কিন্তু 80°Cএ উহার দ্রাব্যতা 40 গ্রাম। অপরপক্ষে জলে কলিচুণের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধিতে হ্রাস পায়; সেইজন্য সাধারণ উষ্ণতায় স্বচ্ছচুনের জল গরম করিলে উহা ঘোলাটে হয়, কারণ গরম অবস্থায় কিছুটা চুন অদ্রাব্য অবস্থায় পরিবর্তিত হয়।

উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে দ্রাব্যতা পরিবর্তনের সম্বন্ধ রেখাপাতের দ্বারা জানা যায়। এরূপ রেখাকে **দ্রাব্যতা-লেখ** (solubility curve) বলে। উষ্ণতাকে ভুজ (Abscissa) ও দ্রাব্যতাকে কোটি (Ordinate) করিয়া দ্রাব্যতা লেখ আঁকিতে হয়। উপরে (চিত্র—১৩) নাইটার ও খাদ্য লবণের দ্রাব্যতা-লেখ দেওয়া হইল।

চিত্র—১৩

দ্রাবের দ্রবীভূত অবস্থায় থাকার জন্য দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক যথাক্রমে বৃদ্ধি ও হ্রাস পাইয়া থাকে। এই বৃদ্ধি ও হ্রাসের পরিমাণ নির্ভর করে দ্রাবের মাত্রার উপর। যেমন জলীয় দ্রবের স্ফুটনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক যথাক্রমে 100°C এবং 0°C হইতে বেশী ও কম।

(খ) **তরল দ্রাবকে তরল পদার্থের দ্রব**ঃ—বিজ্ঞানীরা এমন অনেক তরল পদার্থের সংস্পর্শে আসিয়া থাকেন যাহারা পরস্পরের মধ্যে দ্রবণীয়। এইরূপ তরল বস্তুকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছেঃ (১) পরস্পরের মধ্যে যে কোন মাত্রায় দ্রবণীয়। যেমন জল ও কোহল। যে কোন মাত্রায় জল ও কোহল মিশাইলে সমসত্ত্ববিশিষ্ট দ্রব প্রস্তুত হয়। (২) পরস্পরের মধ্যে আংশিকভাবে দ্রবণীয়। যেমন ইথার ও জল। ইথার একটি জৈব তবল পদার্থ। ইহা জলের সহিত আংশিকভাবে দ্রবণীয়। খানিকটা জলে কয়েক ফোঁটা ইথার ফেলিয়া ঝাঁকাইলে ইথারের জলীয় দ্রব প্রস্তুত হয়। কিন্তু ক্রমাগত অধিক পরিমাণে ইথার মিশাইলে অবশেষে জলে ইথারের সংপৃক্ত দ্রব প্রস্তুত হয়। আরও বেশী পরিমাণে ইথার দিলে দুইটি সংপৃক্ত দ্রব সম্পূর্ণ পৃথকভাবে কিন্তু পরস্পর-সংলগ্ন অবস্থায় উপরে ও নীচে অবস্থান করে। উপরেরটি ইথারে জলের সংপৃক্ত দ্রব ও নীচেরটি জলে ইথারের সংপৃক্ত দ্রব।

(গ) **তরল দ্রাবকে গ্যাসীয় পদার্থের দ্রব**ঃ—তরল দ্রাবকে গ্যাসীয় পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ভর করে তাহার প্রকৃতি, চাপ ও উষ্ণতার উপর। যখন দ্রাবক ও দ্রাবের মধ্যে রাসায়নিক সংযুক্তি সাধিত হয় তখন দ্রাবের দ্রাব্যতা অত্যন্ত অধিক। যেমন অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ জলের সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয় বলিয়াই জলে তাহাদের দ্রাব্যতা অত্যধিক। কিন্তু অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসের জলের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না। সুতরাং জলে তাহাদের দ্রাব্যতা অত্যন্ত অল্প। কিন্তু জলে অক্সিজেনের এই সামান্য দ্রাব্যতাটুকুও যদি না থাকিত তবে জলচর জীবের প্রাণধারণ সম্ভবপর হইত না। ইহাদের ফুলকা বা ফুসফুসের সাহায্যে ইহারা জল হইতে দ্রবীভূত অক্সিজেন লইয়া থাকে।

তরল পদার্থে গ্যাসের দ্রাব্যতার উপর চাপের প্রভাব সম্বন্ধে বলা যাইতে পারে যে চাপ বৃদ্ধির সংগে সংগে ইহার দ্রাব্যতাও বর্ধিত হয়। কিন্তু উষ্ণতার প্রভাব ইহার সম্পূর্ণ বিপরীত। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে ইহার দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

(ঘ) **গ্যাসীয় পদার্থে গ্যাসের দ্রাব্যতা**ঃ—গ্যাসীয় পদার্থগুলি পরস্পরের মধ্যে যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। এইরূপ দ্রবে দ্রাবের কোন নির্ধারিত দ্রাব্যতা নাই। বাতাস এইরূপ একটি দ্রব। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ইহার দুইটি প্রধান

উপাদান। এই দুইটি বাদেও জলীয় বাষ্প, কারবন ডাই-অক্সাইড এবং হিলিয়াম, আরগন প্রভৃতি পাঁচটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস গৌণ উপাদানস্বরূপ ইহাতে আছে।

(ঙ) **কঠিন পদার্থে কঠিন বস্তুর দ্রব**:—পিতল, কাঁসা, সকলপ্রকার মুদ্রা ও গহনা এই শ্রেণীর দ্রব।

(১১) **কোলয়েডীয় দ্রব**:—পূর্বে বলা হইয়াছে যে জলে মাটি ও বালি দ্রবণীয় না হওয়ায় জলের সহিত ইহাদিগকে মিশাইলে ইহাদের কণিকাগুলি অবলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া ঘোলা জলের সৃষ্টি করে। এই সমস্ত কণিকাকে বর্তুলাকার (গোলাকার) ধরিলে ইহাদের ব্যাস 10^{-4} c. m. (centimetre) হইতে বড়। আবার কোন বস্তু যখন দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তখন তাহার কণিকাগুলি অণুতে পর্যবসিত হয় ও অণুর ব্যাস 10^{-8} c. m.। 10^{-4} c. m. ও 10^{-8} c. m. এর মধ্যবর্তী ব্যাসযুক্ত কোন পদার্থের কণিকাসমূহ যখন ভিন্ন অবস্থার অপর পদার্থের মধ্যে থাকে তখন বলা হয় যে প্রথম পদার্থ **কোলয়েডীয় অবস্থায়** (**colloidal state**) আছে এবং এই দুইটি বস্তুর মিশ্রিত সমষ্টিকে **কোলয়েডীয় দ্রব** (**colloidal solution**) বলে। আকাশে যে মেঘ দেখা যায় উহা কোলয়েডীয় দ্রব। উহাতে জল কোলয়েডীয় অবস্থায় থাকে। উনন ধরাইবার সময় যে ধূম উৎপন্ন হয় তাহাতে কয়লা কোলয়েডীয় অবস্থায় থাকে। যে চা আমরা খাই তাহাও কোলয়েডীয় দ্রব।

(১২) **কেলাসনের বিভিন্ন পদ্ধতি**:—পূর্বে বলা হইয়াছে যে উচ্চতর উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রব প্রস্তুত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে দ্রাবের কেলাসসমূহ প্রস্তুত হয়। ইহা ভিন্ন সাধারণ উষ্ণতাতেও দ্রাবককে বাষ্পীভূত করিয়া দ্রাবের কেলাস প্রস্তুত করা যায়। যেমন সমুদ্রের লবণাক্ত জল রৌদ্র ও বাতাসের সাহায্যে বাষ্পীভূত করিয়া কেলাসিত খাদ্যলবণ প্রস্তুত করা হয়। পূর্বে ইহাও বলা হইয়াছে যে একটি ঘড়ি-কাচে উদ্বায়ী কারবন ডাই-সালফাইডে গন্ধকের দ্রব রাখিলে শীঘ্রই কারবন ডাই-সালফাইড উড়িয়া যায় ও রম্বিক গন্ধকের কেলাস পড়িয়া থাকে। কখনও কখনও কোন কঠিন বস্তুকে গলাইয়া পরে গলিত অবস্থা হইতে উহাকে জমাইলে উহার কেলাস প্রস্তুত হয়। সাধারণ গন্ধক রম্বিক কেলাসে গঠিত। উহাকে গলাইয়া পরে আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করিলে উহা জমিয়া সূচাকৃতি কেলাসবিশিষ্ট β বা মনোক্লিনিক গন্ধকে পরিণত হয়। সময়ে সময়ে ঊর্ধ্বপাতন দ্বারাও কেলাস প্রস্তুত হইয়া থাকে। যেমন আয়োডিন, কর্পূর প্রভৃতিকে এই পদ্ধতিতে কেলাসিত করা হয়।

কোন কোন কঠিন বস্তু জলের অণুর সহিত সম্পর্ক না রাখিয়া জলীয় দ্রব হইতে কেলাসিত হয়। এই প্রকার কেলাসে জলের অণুর কোন অস্তিত্ব থাকে না এবং

ইহাকে **অনার্দ্র (Anhydrous) কেলাস** বলে। যেমন খাদ্যলবণ, নাইটার, পটাসিয়ম ক্লোরেট প্রভৃতির কেলাস এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

আবার এমন অনেক কঠিন বস্তু আছে, জলীয় দ্রব হইতে কেলাসিত হইবার সময় যাহাদের অণু এক বা একাধিক জলীয় অণুর সহিত এক প্রকার শিথিল রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়। কেলাসে আবদ্ধ এরূপ জলকে **কেলাস-জল (Water of crystallisation)** এবং এইরূপ আবদ্ধ জলযুক্ত কেলাসকে **সোদক (Hydrated) কেলাস** বলে। তুঁতিয়ার (copper sulphate) কেলাসে প্রতিটি তুঁতিয়া অণুর সহিত পাঁচটি করিয়া জলের অণু এইভাবে সংযুক্ত থাকে। বাতাসে উন্মুক্ত থাকিলে কোন কোন সোদক কেলাস আংশিকভাবে বা সম্পূর্ণরূপে তাহাদের কেলাস-জল ত্যাগ করে এবং ঐ পরিত্যক্ত জল বাতাসে উড়িয়া যায়। এইরূপ কেলাসকে **উদত্যাগী (Efflorescent)** কেলাস বলে এবং কেলাসের এই রকম জল-ত্যাগকে **উদত্যাগ (Efflorescence)** বলে।

কেলাস-জলযুক্ত প্রক্ষালক সোডা (washing soda) বা সোডিয়ম কারবনেটের কেলাস ($Na_2CO_3, 10H_2O$) বাতাসে কিছুকাল রাখিলে তাহার দশটি কেলাস-জলের অণুর মধ্যে ৯টি বাষ্পীভূত হইয়া বাতাসে উড়িয়া যায় এবং তাহা গুঁড়ায় পরিণত হয়। আবার কোন কোন বস্তুর কেলাস বাতাসে উন্মুক্ত থাকিলে উহা বাতাস হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে এবং ঐ শোষিত বাষ্প তরলত্ব প্রাপ্ত হইবার পর কেলাসিত বস্তু উহাতে দ্রবীভূত হইয়া একটি সংপৃক্ত দ্রবে পরিণত হয়। এইরূপ কেলাসকে **উদগ্রাহী কেলাস (Deliquescent)** বলে এবং এইভাবে বাতাস হইতে জলীয় বাষ্প শোষিত করিয়া তাহাতে কেলাসের দ্রবীভবনের নাম **উদগ্রহ (Deliquescence)**। ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ($CaCl_2, 6\ H_2O$) ও ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইডের ($MgCl_2, 6\ H_2O$) কেলাস এইরূপ উদগ্রাহী।

কেলাস-জলের অণুসমূহ আপনা-আপনি কিংবা উত্তাপ ও জল সহযোগে মূল পদার্থের অণু হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে। উহারা এত সহজে পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হয় বলিয়াই উহাদের মধ্যের বন্ধনকে শিথিল রাসায়নিক বন্ধন বলা হয়, কারণ উহারা কেলাসে স্থূলভাবেও (mechanically) মিশ্রিত নহে। কেলাসের জ্যামিতিক আকৃতি ও কোন কোন ক্ষেত্রে রং কেলাস-জলের উপর নির্ভর করে।

(১৩) **কেলাস-জলের অনুপাত নির্ণয়ঃ**—একটি রাসায়নিক তুলার (Balance) সাহায্যে সোদক কেলাসে জলের অনুপাত নির্ধারণ করা হয়।

পরীক্ষা—ফটকিরির কেলাস-জলের অনুপাত নির্ণয়ঃ—ঢাকনাসহ পোরসিলেনের একটি পরিষ্কার মুচি (crucible) লও। উহা দাঁড়ের উপর অবস্থিত

একখানা মুষাধারের (claypipe triangle) উপর রাখিয়া প্রথমে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া পরে পা-হাপরের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। তারপর একটু ঠাণ্ডা করিয়া একটি শোষকাধারে রাখিয়া ঘরের উষ্ণতা পর্যন্ত ঠাণ্ডা কর। এখন তাহাকে রাসায়নিক তুলায় ওজন কর। তাহাকে আবার পা-হাপরে উত্তপ্ত করিবার পর শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লও। যতক্ষণ পর্যন্ত একটি অপরিবর্তনীয় নির্দিষ্ট ওজন না পাও ততক্ষণ পর্যন্ত এই তিন প্রকার প্রক্রিয়া চালাও। অবশেষে একটি নির্দিষ্ট ওজন পাইলে উহাতে কিছু ফটকিরির গুঁড়া লইয়া আবার ওজন কর। এই দুইটি ওজনের বিয়োগফল হইতে ফটকিরির ওজন পাওয়া যাইবে। ইহা প্রায় 2 গ্রামের মত হওয়া দরকার। ঢাকনি বাদ দিয়া এখন ফটকিরি সমেত মুচিটিকে একটি ষ্টীম-প্রকোষ্ঠে রাখিয়া প্রায় দুই ঘণ্টাকাল উত্তপ্ত কর। উহা প্রথমে গলিয়া পরে আবার জমিয়া যাইবে। তাহার পর উহাকে একটি বায়ু-চুল্লীতে রাখিয়া 200°C পর্যন্ত কিছু সময় উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা কর ও ওজন লও। যতক্ষণ পর্যন্ত একটি অপরিবর্তিত ওজন না পাওয়া যায় ততক্ষণ পর্যন্ত বার বার এইরূপ উত্তপ্ত ও ঠাণ্ডা কর। তৃতীয় ও দ্বিতীয় ওজনের বিয়োগফল হইতে কেলাস-জলের ওজন পাওয়া যাইবে।

নিম্নলিখিত ভাবে কেলাসজলের শতকরা হার বাহির কর :—

ঢাকনিসহ মুচির ওজন	$= g_1$	গ্রাম
ঢাকনিসহ মুচি + ফটকিরির ওজন	$= g_2$	,,
ফটকিরির ওজন	$= (g_2 - g_1)$	,,
ঢাকনিসহ মুচি + শুষ্ক ফটকিরির ওজন	$= g_3$	,,
কেলাস-জলের ওজন	$= (g_2 - g_3)$	,,
ফটকিরিতে কেলাস-জলের শতকরা হার	$= \frac{g_2 - g_3}{g_2 - g_1} \times 100$	

প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে ফটকিরিতে কেলাস-জলের অনুপাত 45·56%।

(১৪) **অন্তর্ধূম-পাতন** (**Destructive distillation**) :—বাতাসের সংস্পর্শবর্জিত পাতনক্রিয়াকে **অন্তর্ধূম-পাতন** বলে। এই পদ্ধতি কঠিন মিশ্র পদার্থের উপর প্রয়োগ করা হয়। ইহাদ্বারা অনুদ্বায়ী পদার্থ হইতে উদ্বায়ী পদার্থ পৃথক করা হয়। যেমন ইহাদ্বারা শুষ্ক কাঠ হইতে কাঠকয়লা, উদ্বায়ী তরল মিশ্র ও গ্যাস পৃথক করা হয়। ইহাদ্বারা কয়লা হইতে কোক, আলকাতরা, কোলগ্যাস প্রভৃতি প্রয়োজনীয় পদার্থ পাওয়া যায়।

(১৫) **শুষ্কীকরণ** (Desiccation) :—অনেক বস্তুই আর্দ্র অবস্থায় থাকিতে দেখা যায়। জলীয়দ্রব হইতে প্রস্তুতের সময় কিংবা বাতাস হইতে এই জল সাধারণতঃ সংগৃহীত হয়। দুই প্রকারে এই জল অপসারিত করিয়া বস্তুকে শুষ্ক করা যায় :

(ক) বস্তু উদ্বায়ী না হইলে ও উহা বিয়োজিত হইবার সম্ভাবনা না থাকিলে ষ্টীম-প্রকোষ্ঠে কিংবা বায়ু-চুল্লীতে উহাকে কিছুক্ষণ উত্তপ্ত অবস্থায় রাখিলে উহার সংলগ্ন জল বাষ্পাকারে উত্থিত হইয়া বাতাসে চলিয়া যায়।

(খ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রভৃতি কতকগুলি বস্তু আছে যাহারা স্বভাবতঃ জলীয় বাষ্প আকর্ষণ করিয়া থাকে। ইহাদিগকে নিরুদকারী (Desiccating agent) বলে। এইরূপ একটি নিরুদকারীযুক্ত শোষকাধারে আর্দ্র বস্তু রাখিয়া ঢাকনি আঁটিয়া দিলে শোষকাধারে আবদ্ধ বাতাসের জলীয় বাষ্প নিরুদকারী দ্বারা গৃহীত হয় এবং আর্দ্রবস্তু হইতে ক্রমাগত জলীয় বাষ্প উত্থিত হইয়া সেই ক্ষয় পূরণ করে। অবশেষে উহা একেবারে শুষ্ক হইয়া যায়।

শোষকাধার পুরু দেয়াল-বিশিষ্ট ও ঢাকনিযুক্ত একপ্রকার কাচের পাত্র (চিত্র—১০)। তলদেশ হইতে কিছু উপরে সংকোচনের জন্য ইহা দুইটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত। ইহার উপরের প্রান্ত ও ইহার ঢাকনির প্রান্ত ঘষা; সুতরাং এই উভয় প্রান্ত ভেসিলিনযুক্ত করিয়া ইহাতে ঢাকনি আঁটিয়া দিলে ইহার ভিতরের অংশ একটি বায়ুরোধী প্রকোষ্ঠে পরিণত হয়। ইহার নীচের অংশে কোন নিরুদকারী রাখিতে হয়। ঠিক সংকোচিত অংশের উপরে পাটাতনের মত দেখিতে যে সরু অংশ থাকে তাহার উপরে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্রযুক্ত গোলাকার একখানা দস্তার চাদর কিংবা গোল গোল গর্তযুক্ত একটি পোরসিলেনের থালা রাখিতে হয়। তাহার উপর উপযোগী পাত্রে আর্দ্র বস্তু রাখিয়া ঢাকনি আঁটিয়া দিতে হয়।

(১৬) **দ্রব হইতে দ্রাব ও দ্রাবককে পৃথকীকরণ** :—বাষ্পীভবন, পাতন ও কেলাসন পদ্ধতি দ্বারা দ্রাব ও দ্রাবককে দ্রব হইতে পৃথক করা যায়। যদি কোন কঠিন বস্তু উদ্বায়ী তরল পদার্থে দ্রবীভূত থাকে, তবে ঐ দ্রবকে বাতাসে কিছুক্ষণ উন্মুক্ত রাখিলেই দ্রাবক বাষ্পীভূত হইয়া বাতাসে উড়িয়া যায় এবং দ্রাবটি কঠিন অবস্থায় অবশেষ রূপে পাত্রে পড়িয়া থাকে। এই পদ্ধতিতে কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রাবরূপে অবস্থিত গন্ধককে কারবন ডাই-সালফাইড হইতে পৃথক করা হয়। কিন্তু এইভাবে কারবন ডাই-সালফাইডকে উদ্ধার করা যায় না। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে এই পদ্ধতিতে দ্রাবকেই শুধু দ্রাবকমুক্ত ও অনেকক্ষেত্রে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, কিন্তু দ্রাবককে পৃথক অবস্থায় পাওয়া যায় না। এই পদ্ধতিতে সমুদ্রের লবণাক্ত জল হইতে খাদ্যলবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে।

কিন্তু পাতন-পদ্ধতিতে দ্রাবক ও দ্রাব এই উভয় বস্তুকেই পৃথক অবস্থায় পাওয়া যায়। দ্রাব কঠিন দ্রব্য হইলে উহা অবশেষ রূপে পাতন-কূপীতে পড়িয়া থাকে ও তরল দ্রাবক পাতিত বস্তুরূপে গ্রাহক পাত্রে গৃহীত হয়। দ্রাব ও দ্রাবক উভয়ই তরল পদার্থ হইলে আংশিক পাতন দ্বারা তাহাদিগকে সকলক্ষেত্রে না হইলেও কোন কোন ক্ষেত্রে সম্পূর্ণভাবে পৃথক করা যায়।

সম্পূর্ণরূপে না হইলেও আংশিকভাবে কেলাসন পদ্ধতিতে দ্রাবকে দ্রাবক হইতে পৃথক করা সম্ভব। দ্রবকে ফুটাইয়া স্ফুটনাঙ্কে সংপৃক্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে দ্রাবের কতকটা অংশ কেলাসিত হইয়া দ্রব হইতে পৃথক হইয়া পড়ে।

(১৭) **বারুদের উপাদানসমূহ পৃথকীকরণ**ঃ—সোরা, কাঠকয়লা ও গন্ধক এই তিনটি উপাদানে বারুদ গঠিত। দ্রবীভবন, পরিস্রাবণ, বাষ্পীভবন ও স্ফুটন এই চারপ্রকার পদ্ধতি দ্বারা গন্ধক, সোরা ও কয়লাকে পৃথক করিতে হয়।

কয়লার কোন দ্রাবক নাই। কারবন ডাই-সালফাইড গন্ধকের দ্রাবক কিন্তু সোরার নহে। অপর পক্ষে জল সোরার দ্রাবক কিন্তু গন্ধকের নহে। সুতরাং কিছুটা বারুদ একটি বীকারে লইয়া কারবন ডাই-সালফাইড সহযোগে একখানা কাচদণ্ড দ্বারা নাড়িলে শুধু গন্ধক দ্রবীভূত হইবে। তখন উহা পরিস্রুত করিলে গন্ধকের দ্রব পরিস্রুৎরূপে পাওয়া যাইবে এবং সোরা ও কাঠকয়লা অবশেষ রূপে ফিলটার কাগজের উপর থাকিবে। পরিস্রুৎ ঘড়ি-কাচে ধরিয়া বাতাসে উন্মুক্ত রাখিলে দ্রাবক বাষ্পীভূত হইবে ও গন্ধকের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কেলাস পড়িয়া থাকিবে। পরিস্রুতি কাগজের উপরিস্থিত অবশেষ 2—3 বার কারবন ডাই-সালফাইড দ্বারা ধুইয়া ও কিছু সময় অপেক্ষা করিয়া ঐ বীকারে জলসহ ফুটাইলে সোরা দ্রবীভূত হইবে, কিন্তু কয়লার কোন পরিবর্তন হইবে না। তখন উহাকে পরিস্রুত করিয়া এবং ঐ পরিস্রুৎ একটি খর্পরে ফুটাইয়া সমস্ত জল বাষ্পীভূত করিলে সোরা কঠিন অবস্থায় পাওয়া যাইবে। পরিস্রুতি কাগজের উপর অবশেষ রূপে প্রাপ্ত কয়লা উত্তাপ সহযোগে অনার্দ্র করিলে শুষ্ক কয়লা পাওয়া যাইবে।

প্রশ্নমালা

১। নিম্নোক্ত পদগুলি ব্যাখ্যা কর : (১) পরিস্রাবণ, (২) পাতন, (৩) উর্ধ্বপাতন ও (৪) কেলাসন।

২। দ্রব কাহাকে বলে? অসংপৃক্ত, সংপৃক্ত ও অতি-পৃক্ত দ্রব কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

৩। দ্রাব্যতা কাহাকে বলে? ঘরের উষ্ণতায় জলে নাইটারের দ্রাব্যতা কিভাবে নির্ণয় করা যায় তাহা বিশদভাবে বর্ণনা কর।

৪। কোলয়েডীয় দ্রব কাহাকে বলে? কোলয়েডীয় দ্রব ও সাধারণ দ্রবের মধ্যে মূল পার্থক্য কি? পারিবারিক জীবনে লক্ষিত দুই একটি সাধারণ কোলয়েডীয় দ্রবের নাম কর।

৫। কেলাস-জল কাহাকে বলে? কিভাবে ইহা কেলাসে আবদ্ধ থাকে? কেলাসে ইহার অনুপাত কিভাবে নির্ণয় করিতে হয়?

৬। উদত্যাগী ও উদগ্রাহী কেলাস কাহাকে বলে তাহা দৃষ্টান্তসহ বুঝাইয়া দাও।

৭। কি কি পদ্ধতিতে দ্রব হইতে দ্রাব ও দ্রাবককে পৃথক করা সম্ভব?

৮। বারুদের উপাদান কি কি? উহাদিগকে কিভাবে সম্পূর্ণরূপে পৃথক করা যায়।

চতুর্থ অধ্যায়

পদার্থের নিত্যতাসূত্র (Law of Conservation of Mass) ঃ পদার্থের অনশ্বরতা (Inobstructibility)

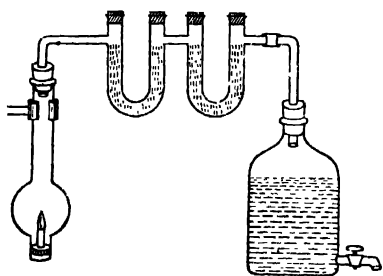
যখন একটি মোমবাতি বা একটুকরা কাঠকয়লা পুড়িতে থাকে তখন স্পষ্টই দেখা যায় যে উহারা ক্রমশঃ ক্ষয় হইয়া যাইতেছে। ইহাতে মনে হওয়া স্বাভাবিক যে বস্তুটি পুড়িয়া ধ্বংস হইতেছে। অপর পক্ষে এক ফালি ম্যাগনেসিয়ম ওজন করিবার পর তাহা পোড়াইয়া যে সাদা ভস্ম পাওয়া যায় তাহা ওজন করিলে দেখা যায় যে তাহার ওজন ম্যাগনেসিয়মের ফালির ওজন অপেক্ষা বেশী। এক খণ্ড লৌহ ওজন করিয়া আর্দ্র বাতাসে কিছুদিন ফেলিয়া রাখিলে তাহাতে মরিচা ধরে। মরিচাযুক্ত ঐ লৌহ খণ্ডটি পুনরায় ওজন করিলে দেখা যায় যে ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। ইহাতে মনে হওয়া স্বাভাবিক যে ম্যাগনেসিয়ম পুড়িবার ও লৌহে মরিচা ধরিবার সময় পদার্থের নূতন সৃষ্টি হওয়ার জন্যই উহাদের ওজন বা ভর বাড়িয়া থাকে।

কিন্তু প্রকৃত পক্ষে কোন পদার্থের বিনাশ নাই কিংবা কোন পদার্থ নূতনভাবে সৃষ্টি করা যায় না। রাসায়নিক কিংবা স্থূল পরিবর্তনে যাহা আমাদের নিকট পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ বলিয়া মনে হয় তাহা পদার্থের শুধু রূপান্তর মাত্র।

1774 খৃষ্টাব্দে প্রসিদ্ধ ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ে সর্বপ্রথম রাসায়নিক তুলা (Balance) প্রস্তুত করেন ও তাহার সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া এই সত্যে উপনীত হন যে সকল প্রকার পরিবর্তনেই পদার্থের **মোট ভরের** কোন পরিবর্তন হয় না; তাহা ঠিকই থাকে। অতএব **কোন প্রকার প্রক্রিয়াতে পদার্থ সৃষ্টও হয় না, অথবা ধ্বংসও হয় না; তাহা অনশ্বর।** ইহাই পদার্থের **নিত্যতাসূত্র** নামে খ্যাত।

ল্যাভয়সিয়ের পরীক্ষা ঃ—একটি কাচের বকযন্ত্রে (Retort) কয়েক টুকরা টিন রাখিয়া তিনি তাহার মুখ গলাইয়া বন্ধ করিয়াছিলেন। পরে তাহাকে ওজন করিয়া কয়েকদিন ধরিয়া উত্তপ্ত করিয়াছিলেন ও উত্তাপের ফলে টিনে কিছু পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়াছিলেন। তারপর ঠাণ্ডা অবস্থায় তাহা ওজন করিয়া দেখিয়াছিলেন যে টিন ও বাতাসসহ বকযন্ত্রের মোট ওজনের কোনই পরিবর্তন হয় নাই। সুতরাং তিনি ঘোষণা করিলেন যে বকযন্ত্রের ভিতর টিন ও বাতাসের অক্সিজেনের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে টিন ও অক্সিজেনের শুধু রূপান্তর হইয়াছে কিন্তু তাহাতে কোন পদার্থ ধ্বংস বা সৃষ্ট হয় নাই ; সুতরাং পদার্থের মোট ভর ঠিকই রহিয়াছে।

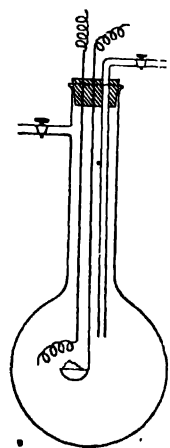
এই সূত্রের সাহায্যে এখন বিচার করা যাক্ মোমবাতি, কয়লা ও ম্যাগনেসিয়ম যখন পোড়ে কিংবা লোহে যখন মরিচা ধরে তখন মোট ভরের যে তারতম্য দেখা যায় তাহার কারণ কি ? মোমবাতি যখন পোড়ে তখন মোমের উপাদান কারবন ও হাইড্রোজেন বাতাসের মুক্ত অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া যথাক্রমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। উহারা উভয়েই গ্যাসীয় ও অদৃশ্যবস্তু ; সুতরাং উহারা বাতাসে মিশিয়া যায়। সেইজন্যই পুড়িবার সময় মোমবাতি ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। কয়লাও পুড়িবার সময় কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করে এবং কিছুটা ভস্ম অবশেষ রূপে থাকিয়া যায়। নিম্নে প্রদত্ত পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই তথ্য প্রমাণিত করা যায়।

(১) **মোমবাতির পরীক্ষা** ঃ—একটি ছিদ্রযুক্ত ছিপির উপরে একটি ছোট মোমবাতি বসাও এবং উহাদ্বারা একটি কাচের চিমনির নীচের মুখ এমনভাবে বন্ধ কর যাহাতে মোমবাতিটি চিমনির ভিতরে থাকে। চিমনির উপরের মুখটি একটি নির্গম নলযুক্ত ছিপির সাহায্যে পর পর দুইটি U-নলের সহিত সংযুক্ত কর। প্রথম ও দ্বিতীয় U-নল যথাক্রমে বিশুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ও কঠিন কষ্টিক পটাস দ্বারা আংশিকভাবে ভর্তি করিয়া তাহাদের মুখ ছিপিদ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। দ্বিতীয় U-নলটি একটি জলপূর্ণ বাত-চোষকের সহিত যুক্ত কর (চিত্র—১৪)। মোমবাতি জ্বালাইবার পূর্বে ইহাসহ চিমনি ও U-নল দুইটি ওজন করিয়া লও। এখন চিমনিটি দাঁড় সংলগ্ন একটি বেড়ির সাহায্যে খাড়াভাবে রাখ ও মোমবাতি জ্বালাইয়া

চিত্র—১৪

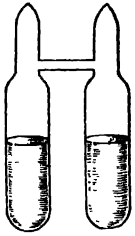
চিমনির মধ্যে চিত্রানুযায়ী বসাইয়া দাও। বাত-চোষকের স্টপককটি আংশিকভাবে খুলিয়া দিয়া উহা হইতে আস্তে আস্তে জল ফেলিতে থাক। চিমনির নীচের মুখের ছিপির ফুটা দিয়া বাতাস ভিতরে ঢুকিতে থাকিবে এবং মোমবাতি পুড়িতে থাকিবে। বাত-চোষকের জল কিছু অবশিষ্ট থাকিতে উহার স্টপকক বন্ধ করিয়া দাও। তখন বাতাস আর চিমনির ভিতর ঢুকিবে না ও মোমবাতিটি নিভিয়া যাইবে। এখন অবশিষ্ট মোমবাতিসহ চিমনি ও U-নল দুইটি ওজন কর। দেখিবে মোট ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। এই বৃদ্ধির কারণ বাতাসের কিছু পরিমাণ অক্সিজেন মোমের কারবন ও হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় অণুতে পরিণত হইয়াছে এবং এই দুইটি যৌগই যথাক্রমে কষ্টিক পটাস ও বিশুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডে শোষিত হইয়া তাহাদের ওজন বাড়াইয়াছে। মোমবাতি পুড়িবার সময় তাহার যে অংশ ক্ষয় পাইয়াছে তাহা রূপান্তরিত হইয়া দুইটি U-নলস্থিত বস্তুতে আবদ্ধ হইয়া গিয়াছে। সুতরাং তাহাতে মোট ওজনের কোন তারতম্য হয় নাই। কিন্তু যে পরিমাণ অক্সিজেন মোমবাতি পুড়িবার সময় যুক্ত হইযাছে তাহার ওজন প্রথম ওজনের মধ্যে ধরা হয় নাই ; কিন্তু দ্বিতীয় ওজনের মধ্যে ধরা হইয়াছে। সুতরাং এই ওজন বৃদ্ধি যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণের সমান।

(২) **কাঠকয়লার পরীক্ষা** ঃ—একটি গোলতল-বিশিষ্ট পুরু কাচের কূপী লও। উহার একটি স্টপককযুক্ত পার্শ্ব-নল থাকিবে। উহার মুখ বন্ধ কবিবার ছিপিতে তিনটি ছিদ্র কর। উহার একটির ভিতর দিয়া স্টপককযুক্ত একটি সরু কাচের নল ও অপর দুইটির ভিতর দিয়া দুইটি শক্ত তামার তার প্রবেশ করাও। একটি তারের নীচের প্রান্ত একটি তামার চামচের সহিত যুক্ত করা থাকিবে। অপরটির শেষ প্রান্ত ঐ চামচ হইতে সামান্য দূরে থাকিবে। একটুকরা কাঠকয়লা একটি সরু প্ল্যাটিনমের তারে জড়াইয়া ঐ চামচের উপর রাখ এবং প্ল্যাটিনম তারের অপর প্রান্ত অন্য তামার তারটির সহিত যুক্ত কর। এই অবস্থায় ১৫নং চিত্র অনুযায়ী ছিপিটি কূপীর মুখে বসাইয়া দাও। দুইটি স্টপকক খুলিয়া কূপীটি অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ কর ও পরে স্টপকক দুইটি বন্ধ কর। এখন সবসুদ্ধ কূপীটি ওজন কর। তারপর তামার তার দুইটির ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ চালিত কর। প্ল্যাটিনম-তার উত্তপ্ত হইয়া ভাস্বর হইয়া উঠিবে ও ইহাতে সৃষ্ট উত্তাপে কাঠ কয়লা পুড়িয়া

চিত্র—১৫

কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করিবে। কূপীর সমস্ত অক্সিজেন শেষ হইলে

কয়লার দহন বন্ধ হইবে। তখন বৈদ্যুতিক প্রবাহ বন্ধ কর ও কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। কূপী ঠাণ্ডা হইলে আবার ওজন কর; দেখিবে দ্বিতীয় ওজন প্রথম ওজনের সমান হইবে।

(২) **ফসফরসের পরীক্ষা** ঃ—একটি চ্যাপটা-তলা বিশিষ্ট শক্ত কাচের ছোট কূপী লও। উহার তলদেশ বালিদ্বারা ঢাকিয়া তাহার উপর ২-৩টি ছোট ছোট ফসফরসের টুকরা লও ও উহার মুখ ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া দাও। সিপি যাহাতে সহজে খুলিয়া না যায় সেজন্য উহা একটি তামার সরু তারের সাহায্যে কূপীর গলার সহিত শক্ত করিয়া বাঁধিয়া দাও। এখন সবসুদ্ধ কূপীটি ওজন কর। তারপর উহাকে একটি বালি-খোলার উপর বসাইয়া উত্তপ্ত কর। ফসফরসে আগুন ধরিয়া যাইবে ও কূপী মধ্যস্থিত বাতাসের অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনপ্রসূত ফসফরস পেণ্টক্সাইডের সাদা ধূমে কূপীটি অবিলম্বে পূর্ণ হইয়া যাইবে। কূপীটি ঠাণ্ডা করিয়া আবার তাহার ওজন লও। দেখিবে কূপীর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হইলেও মোট ভরের কোন পরিবর্তন হয় নাই।

(৩) **লাণ্ডোলটের (Landolt) পরীক্ষা** ঃ—একটি সহজ উপায়ে ল্যাণ্ডোল্ট্ পদার্থের অনশ্বরতা প্রমাণ করিয়াছিলেন। তিনি H আকৃতির (চিত্র—১৬) একটি অতি সাধারণ যন্ত্র ব্যবহার করিতেন। উহার দুই বাহুর নীচের দিক বন্ধ ও উপরের দিক প্রথমে উন্মুক্ত থাকিত। ঐ দুই বাহুতে মারকিউরিক ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম আইওডাইডের ন্যায় দুইটি বস্তুর দ্রব রাখিতেন যাহারা মিশ্রিত হইলেই রাসায়নিক বিক্রিয়া করিতে সক্ষম। তারপর উপরের দুইটি মুখই গলাইয়া বন্ধ করিয়া উহার মোট ওজন লইতেন। পরে উহা কাত করিয়া দুইটি দ্রব্য মিশ্রিত করিয়া উহাদের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতেন। তারপর ওজন করিয়া দেখিতে পাইতেন যে মোট ভরের কোন তারতম্য হয় নাই।

চিত্র—১৬

প্রশ্নমালা

১। বিজ্ঞানে তুলার ব্যবহার সর্বপ্রথমে কে করিয়াছিলেন এবং তিনি ইহা ব্যবহার করিয়া কোন সত্যে উপনীত হইয়াছিলেন?

২। পদার্থের নিত্যতাসূত্র বিবৃত কর ও কয়েকটি পরীক্ষার দ্বারা তাহা প্রমাণ কর।

৩। মোমবাতির সাহায্যে এমন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর যাহার দ্বারা প্রতিপন্ন করা সম্ভব যে মোমবাতির দহন নিত্যতা-সূত্রের পরিপন্থী নহে।

পঞ্চম অধ্যায়

প্রতীক, যোজ্যতা, আণবিক সংকেত বা (শুধু) সংকেত ও সমীকরণ

নানারূপ সুবিধার জন্য রসায়নে অনেকক্ষেত্রে বিভিন্ন বস্তুর নাম, তাহাদের পরমাণু ও অণু এবং তাহাদের পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়া সংক্ষেপে ও সাংকেতিকভাবে লিখিত হইয়া থাকে।

প্রতীক (Symbol) ঃ—মৌলিক পদার্থের নামের বা তাহার পরমাণুর সংক্ষিপ্ত ও সাংকেতিকভাবে লিখিত পরিচায়ক চিহ্নকে **প্রতীক** বলে। কোন কোন মৌলের ইংরাজী নামের বড হাতের আদ্যাক্ষর তাহার প্রতীক। যেমন H হাইড্রোজেনের (Hydrogen), O অক্সিজেনের (Oxygen), N নাইট্রোজেনের (Nitrogen), C কারবনের (Carbon) প্রতীক। কিন্তু যদি একাধিক মৌলের আদ্যাক্ষর একই হয় তবে তাহাদের মধ্যে একটির প্রতীক তাহার নামের আদ্যাক্ষর দ্বারা ও অপরগুলির প্রতীক দুইটি অক্ষর দ্বারা ব্যক্ত হইয়া থাকে ; প্রথমটি নামের আদ্যাক্ষর ও বড় হাতে লিখিত হইয়া থাকে এবং নামের উচ্চারণের মধ্যে যাহার প্রাধান্য লক্ষিত হয় সেই অক্ষরটি ঐ প্রতীকের দ্বিতীয় অক্ষর যাহা ছোট হাতে লিখিত হয়। যেমন কারবন, ক্লোরিণ (Chlorine), ক্যালসিয়ম (Calcium) ও ক্যাডমিয়ম (Cadmium) এই চারিটি মৌলের প্রথম অক্ষর C। কিন্তু C দ্বারা শুধু কারবন বা তাহার পরমাণুকে বুঝায়। ক্লোরিণ, ক্যালসিয়ম ও ক্যাডমিয়ম উচ্চারণের সময় C ভিন্ন যথাক্রমে l, a, ও dর প্রাধান্য লক্ষিত হয়। সুতরাং Cl ক্লোরিণের, Ca ক্যালসিয়মের ও Cd ক্যাডমিয়মের প্রতীক।

আবার অনেক ক্ষেত্রে মৌলের ল্যাটিন নাম হইতে তাহার প্রতীক গৃহীত হইয়াছে। যেমন নেট্রিয়ম (Natrium) হইল সোডিয়মের (Sodium) ল্যাটিন নাম। সুতরাং Na সোডিয়মের প্রতীক। সেইরূপ পটাসিয়মের K (Kalium), রৌপ্যের (Silver) Ag (Argentum), পারদের (Mercury) Hg (Hydrargyrum) এবং তাম্রের (Copper) Cu (Cuprum)। ইহাদ্বারা কোন মৌলের নাম, তাহার একটি পরমাণু ও তাহার একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বুঝায়। যেমন O দ্বারা অক্সিজেন, তাহার একটি পরমাণু এবং অন্যান্য মৌলের পরিমাণের সহিত তুলনামূলক ভাবে তাহার 16 ভাগ ওজন বুঝায়।

মৌলের একাধিক পরমাণুকে বুঝাইতে হইলে প্রতীকের বাম দিকে সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন 2H দ্বারা দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু বুঝায়।

আণবিক সংকেত (**Molecular Formula**) **বা সংকেত** (**Formula**) :— **যে সংক্ষিপ্ত ও সাংকেতিক চিহ্ন দ্বারা মৌলিক ও যৌগিক এই দুই প্রকার পদার্থের অণুকেই ব্যক্ত করা হয় তাহাকে আণবিক সংকেত বা সংকেত বলে।** ইহার দ্বারা কোন নির্দিষ্ট পদার্থকেও বুঝায়। কোন পদার্থের অণুতে যত শ্রেণীর ও প্রত্যেক শ্রেণীর যতটি করিয়া পরমাণু আছে তাহা সমস্তই স্ব স্ব প্রতীক ও তাহার সংখ্যার দ্বারা সংকেতে সংক্ষেপে লিখিতে হয়। সংকেতে কোন মৌলের একাধিক পরমাণু থাকিলে তাহার প্রতীকের তলদেশ হইতে সামান্য উপরে ডান ধারে সংখ্যাবাচক রাশিটি উহাতে লিখিতে হয়। যেমন H_2, O_2, ও N_2 যথাক্রমে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংকেত। খাদ্য লবণের অণুতে একটি করিয়া সোডিয়মের ও ক্লোরিণের পরমাণু আছে। সুতরাং $NaCl$ হইল খাদ্য লবণের সংকেত। কিন্তু ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের অণুতে একটি ক্যালসিয়মের ও দুইটি ক্লোরিনের পরমাণু আছে। সুতরাং $CaCl_2$, ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের সংকেত। খড়ির (chalk) অণুতে একটি ক্যালসিয়মের, একটি কারবনের ও তিনটি অক্সিজেনের পরমাণু আছে। সুতরাং $CaCO_3$ উহার সংকেত। একাধিক অণু লিখিতে হইলে সংকেতের বামদিকে সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন $3HNO_3$ দ্বারা তিনটি নাইট্রিক অ্যাসিডের অণু বুঝায়।

প্রতীক ও সংকেতের মধ্যে পার্থক্য :— প্রতীক দ্বারা মৌলের পরমাণু এবং তরল ও কঠিন মৌলকে বুঝায়। অপরপক্ষে সংকেত দ্বারা যাবতীয় পদার্থের অণু এবং তরল ও কঠিন মৌল ভিন্ন সমস্ত পদার্থকে বুঝায়। যেমন 2H দ্বারা হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু বুঝায়। কিন্তু H_2 দ্বারা হাইড্রোজেন ও তাহার একটি অণু বুঝায়। তরল ও কঠিন মৌলের অণু সম্বন্ধে কিছু লেখা হয় না। সুতরাং ইহাদের কোন সংকেত নাই। ইহাদের প্রতীকই শুধু ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

যোজ্যতা (**Valency**) :—ভিন্ন ভিন্ন মৌলের বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণুর রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে ভিন্ন ভিন্ন যৌগিক পদার্থের অণুসমূহ সৃষ্ট হইয়া থাকে। ইহাতে জানা যায় যে ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুর সংযোজন ক্ষমতা এক নহে। অর্থাৎ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন প্রভৃতি মৌলের পরমাণু পৃথক্ পৃথক্ সংখ্যায় পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া পৃথক্ পৃথক্ বস্তুর অণু সৃষ্টি করে। ইহাদের সংযোজন ক্ষমতা ঠিক করিতে হইলে কোন একটি মৌলের পরমাণুকে মাপকাঠি রূপে ব্যবহার করিতে হয় এবং হাইড্রোজেন-পরমাণুই মৌলের সংযোজন ক্ষমতার মাপকাঠি স্বরূপ সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে। যেমন ক্লোরিণ, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কারবনের এক একটি পরমাণ

যথাক্রমে 1, 2, 3 ও 4টী হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া এক অণু করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), জল (H_2O), অ্যামোনিয়া (NH_3) ও মিথেন বা মার্স-গ্যাস (CH_4) সৃষ্টি করে। সুতরাং ক্লোরিণ, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কারবনের সংযোজন ক্ষমতা যথাক্রমে 1, 2, 3 ও 4 ধরা হইয়াছে।

হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা যেমন মৌল পরমাণুসমূহের ভিন্ন, সেইরূপ যৌগিক অণু হইতে হাইড্রোজেন পরমাণুকে অপসারিত করিবার ক্ষমতাও ইহাদের ভিন্ন। যেমন সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও অ্যালুমিনিয়মের এক একটি পরমাণু যথাক্রমে 1, 2 ও 3টি হাইড্রোজেন-পরমাণুকে উপযোগী যৌগিক অণু হইতে অপসারিত করিতে পারে। সুতরাং ইহাদের অপসারণ ক্ষমতা যথাক্রমে 1, 2 ও 3।

মৌলের এই উভয়বিধ ক্ষমতা দ্বারাই তাহার **যোজ্যতা** নির্ধারিত হয়। যোজ্যতার সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **ইহার দ্বারা মৌলের সংযোজন-পারকতা বুঝায়, এবং যত সংখ্যক হাইড্রোজেন-পরমাণু ইহার একটি পরমাণুর সহিত সংযুক্ত বা ইহার একটি পরমাণু দ্বারা বিযুক্ত হইতে পারে তাহদ্দারাই ইহা ব্যক্ত হইয়া থাকে।** যেমন ক্লোরিণ, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন, সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও অ্যালুমিনিয়মের যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3, 4 এবং 1, 2 ও 3। ইহাদিগকে যথাক্রমে এক, দ্বি, ত্রি, চতুঃ ও এক, দ্বি ও ত্রি যোজীও বলা হয়।

যে মৌল হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয় না বা উহাকে উহার যৌগ হইতে বিযুক্ত করিতে পারে না তাহার যোজ্যতা এমন মৌলের তুলনায় স্থির করা হয় যাহার সহিত ইহা সংযুক্ত হইতে পারে বা যাহাকে ইহা বিযুক্ত করিতে পারে এবং যাহার যোজ্যতা পূর্বেই জানা গিয়াছে। যেমন, তাম্র হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না বা তাহাকে সহজে বিযুক্ত করিতে পারে না ; কিন্তু ইহার এক পরমাণু অক্সিজেনের এক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া কাল. কপার অক্সাইডের এক অণু (CuO) প্রস্তুত করে। আবার অক্সিজেনের এক পরমাণু হাইড্রোজেনের দুই পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং তাম্রের এক পরমাণুর যোজ্যতা অক্সিজেনের এক পরমাণুর যোজ্যতার সমান। অতএব তাম্র দ্বি-যোজী। এক অণু ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডে ($CaCl_2$) এক পরমাণু ক্যালসিয়ম ও দুই পরমাণু ক্লোরিন আছে এবং দুই পরমাণু ক্লোরিণ দুই পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং ক্যালসিয়মের যোজ্যতা ক্লোরিণের যোজ্যতার দ্বিগুণ। সেই কারণে ইহা দ্বি-যোজী।

অক্সিজেন, সোডিয়ম, পটাসিয়ম প্রভৃতি অনেক মৌল আছে যাহাদের যোজ্যতা নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়। কিন্তু পারদ, তাম্র, লৌহ প্রভৃতি যে সমস্ত ধাতু-মৌলের

আস্ ও ইক্ যৌগ্ থাকে তাহাদের একাধিক যোজ্যতা আছে। যেমন আস্ যৌগে পারদ ও তাম্র এক-যোজী। যেমন, মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2) ও অক্সাইড (Hg_2O) এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড (Cu_2Cl_2) ও অক্সাইড (Cu_2O)। কিন্তু ইক্ যৌগে তাহারা দ্বি-যোজী। যেমন মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$) ও অক্সাইড (HgO) এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) ও অক্সাইড (CuO)।

আস্ যৌগে লৌহ দ্বি-যোজী। যেমন ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) ও অক্সাইড (FeO)। কিন্তু ইক্ যৌগে ইহা ত্রি-যোজী। যেমন ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) ও অক্সাইড (Fe_2O_3)।

গন্ধক, নাইট্রোজেন, ফসফরস প্রভৃতি অধাতু মৌলের আবার অক্সিজেনের সহিত সংযোজন ক্ষমতা উহাদের হাইড্রোজেনের সহিত সংযোজন ক্ষমতা হইতে ভিন্ন। সুতরাং ইহাদের অক্সিজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা হাইড্রোজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা হইতে ভিন্ন। যেমন এক পরমাণু গন্ধক দুই পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু সালফারেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) সৃষ্টি করে। কিন্তু এক পরমাণু গন্ধক আবার তিন পরমাণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) সৃষ্টি করে। সুতরাং ইহার হাইড্রোজেন-যোজ্যতা দুই হইলেও ইহার অক্সিজেনে-যোজ্যতা ছয় এবং ইহার হাইড্রোজেন-যোজ্যতা ও অক্সিজেন-যোজ্যতার যোগফল 8। ঐরূপে নাইট্রোজেন ও ফসফরস সম্বন্ধে বলা যাইতে পারে যে তাহাদের হাইড্রোজেন-যোজ্যতা তিন (NH_3 ; PH_3) হইলেও তাহাদের অক্সিজেন-যোজ্যতা পাঁচ (N_2O_5 ; P_2O_5)। সুতরাং তাহাদেরও হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন-যোজ্যতার যোগফল 8। ক্লোরিন ও কারবনের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যোজ্যতার যোগফলও 8। ইহাকে **আবেগ ও বডল্যাণ্ডার (Abegg and Bodlander's Rule)-এর নিয়ম বলে**।

যোগজ মূলক বা মূলক (Compound Radical or Radical) :—অনেক সময়ে দুইটি অধাতু মৌলের দুই বা অধিক সংখ্যক পরমাণু একত্রে সংযুক্ত অবস্থায় একটি পরমাণুর ন্যায় নানাবিধ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে যদিও ঐরূপ অবস্থায় তাহাদের কোন স্বাধীন সত্তা দেখা যায় না। ইহাদিগকে **যোগজ মূলক** বা **মূলক** বলে। যেমন অ্যামোনিয়ম (NH_4), হাইড্রক্সিল (OH), নাইট্রেট (NO_3), নাইট্রাইট (NO_2), সালফেট (SO_4), সালফাইট (SO_3) এবং ফসফেট (PO_4) মূলক। যে সমস্ত পরমাণুর সহিত সংযুক্ত থাকিয়া ইহারা যৌগের অণু গঠন করে তাহাদের যোজ্যতা হইতে ইহাদের যোজ্যতা জানা যায়। যেমন একটি অ্যামোনিয়ম মূলক (NH_4) এক পরমাণু ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড

প্রস্তুত করে। সুতরাং ইহার যোজ্যতা এক। একটি হাইড্রক্সিল মূলক (OH) এক পরমাণু সোডিয়মের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুত করে। সুতরাং ইহা এক-যোজী। এক একটি নাইট্রেট (NO_3) ও নাইট্রাইট, কারবোনেট (CO_3), সালফেট (SO_4), সালফাইট (SO_3) ও ফসফেট (PO_4) মূলক যথাক্রমে 1, 1, 2, 2, 2 ও 3টি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া এক একটি নাইট্রিক (HNO_3), নাইট্রাস (HNO_2), কারবনিক (H_2CO_3), সালফিউরিক (H_2SO_4), সালফিউরাস ও ফসফরিক (H_3PO_4) অ্যাসিড অণু সৃষ্টি করে। অতএব ইহারা যথাক্রমে এক, এক, দ্বি, দ্বি, দ্বি ও ত্রি-যোজী।

নিম্নলিখিত সারণীতে কতকগুলি প্রয়োজনীয় মৌল ও মূলকের যোজ্যতা দেওয়া হইল।

যোজ্যতা-সারণী

	শূন্য-যোজী	এক-যোজী	দ্বি-যোজী	ত্রি-যোজী	চতু-যোজী	পঞ্চ-যোজী	ষড়-যোজী	সপ্ত-যোজী
অধাতু	হিলিয়ম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (A) প্রভৃতি বাতাসের নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ	H, F, Cl, Br, I	O, S	N, P, As	C	N, P, (অক্সিজেন-যোজ্যতা) As	S (অক্সিজেন-যোজ্যতা)	Cl (অক্সিজেন-যোজ্যতা—Cl_2O_7)
ধাতু		Na, K, Ag, Hg (ous), Cu (ous)	Ca, Mg, Zn, Pb, Cu(ic), Hg(ic), Fe(ous)	Al, Fe(ic)				
মূলক		OH, NH_4, NO_3, NO_2, HCO_3 (বাইকারবনেট), HSO_4 (বাই-সালফেট)	CO_3, SO_4, SO_3	PO_4, AsO_4, AsO_3				

আণবিক সংকেত ও যোজ্যতা ঃ—কোন যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন সংযোজক মৌল ও মূলকের যোজ্যতা সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান থাকিলেই শুধু তাহার অণুতে পরমাণু ও মূলকের আনুপাতিক সংখ্যা এবং সেই সঙ্গে তাহার আণবিক সংকেত জানা যায়। প্রত্যেক পরিপৃক্ত যৌগের (Saturated Compound) অণুতে উহার গঠনকারী প্রত্যেক শ্রেণীর পরমাণু ও মূলকের মোট যোজ্যতা সমান থাকে। সুতরাং তাহাদের প্রত্যেক শ্রেণীর পরমাণু ও মূলকের সংখ্যা এবং তাহাদের যোজ্যতার গুণফল সমান হইবে। যেমন A ও B নামক দুইটি মৌলের যোজ্যতা যদি s_1 ও s_2 হয় এবং Aর n_1 পরমাণু যদি Bর n_2 পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া একটি যৌগের অণু প্রস্তুত করে তবে উহাদের যৌগের সংকেত হইবে $An_1 \ Bn_2$

এখানে, $n_1 \times s_1 = n_2 \times s_2$

সুতরাং $n_1 = \frac{n_2 \times s_2}{s_1}$

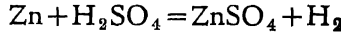
এবং $n_2 = \frac{n_1 \times s_1}{s_2}$

এই নিয়ম হইতে ইহাই প্রতিপন্ন করা যায় যে একটির পরমাণুর সংখ্যা অপরটির যোজ্যতার সমান। কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা ইহা বুঝাইয়া দেওয়া যাইতেছে—

ত্রি-যোজী ফেরিক লৌহ দ্বি-যোজী অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফেরিক অক্সাইড প্রস্তুত করে। সুতরাং ফেরিক অক্সাইড অণুতে লৌহ-পরমাণুর সংখ্যা অক্সিজেনের যোজ্যতার সমান এবং অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা ফেরিক লৌহের যোজ্যতার সমান হইবে। অতএব ফেরিক অক্সাইডের সংকেত Fe_2O_3। এই নিয়মে ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের সংকেত $CaCl_2$, অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের সংকেত $Al_2(SO_4)_3$, কপার ফসফেটের সংকেত $Cu_3(PO_4)_2$ ও অ্যামোনিয়ম সালফেটের সংকেত $(NH_4)_2SO_4$। যদি দুইটি ভিন্ন শ্রেণীর মৌল বা মূলকের যোজ্যতা সমান হয় তবে তাহাদের যৌগের অণুতে তাহাদের একটি করিয়া পরমাণু বা মূলক থাকিবে। যেমন সোডিয়ম ক্লোরাইড ($NaCl$), ম্যাগনেসিয়ম সালফেট ($MgSO_4$) ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)

সমীকরণ (Equation) ঃ—প্রতীক ও সংকেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সাংকেতিক ও সংক্ষিপ্ত ভাষায় ব্যক্ত করণের নাম **সমীকরণ**। সকল প্রকার বিক্রিয়াতে এক বা একাধিক পদার্থের পরিবর্তনে এক বা একাধিক নূতন পদার্থ সৃষ্ট হইয়া থাকে। উহাদের সকলকেই স্ব স্ব প্রতীক বা সংকেত দ্বারা সমীকরণে ব্যক্ত করা হয়। যাহারা বিক্রিয়ায় রূপান্তরিত হয় তাহাদিগকে পরস্পরের

মধ্যে + চিহ্নসহ বাম দিকে রাখিয়া ও যাহারা বিক্রিয়ার ফলে নূতন উৎপন্ন হয় তাহাদিগকে পরস্পরের মধ্যে + চিহ্নসহ ডান দিকে রাখিয়া, এই উভয় শ্রেণীর পদার্থের মধ্যে একটি = (সমীকরণ চিহ্ন) দ্বারা সমীকরণ লিখিতে হয়। ইহা নাম-বাচক (Qualitative) ও পরিমাণবাচক (Quantitative)। ইহার দ্বারা যেমন বিক্রয়ার ফলে কোন্ কোন্ বস্তু রূপান্তরিত হইয়া কোন্ কোন্ বস্তু প্রস্তুত হয় তাহা বুঝায় তেমনি কোন্ কোন্ বস্তুর কতটুকু করিয়া পরিবর্তিত হইয়া কতটুকু করিয়া কোন্ কোন্ নূতন বস্তু প্রস্তুত হয় তাহাও প্রকাশ পায়। সমীকরণে পদার্থের নিত্যতাসূত্র সর্বদা রক্ষিত হইয়া থাকে। অর্থাৎ সমীকরণ চিহ্নের বামদিকে বিভিন্ন মৌলের যতগুলি পরমাণু থাকিবে ডান দিকেও তাহাদের ততগুলি পরমাণুই থাকিবে। ইহাতে তরল ও কঠিন মৌল পারমাণবিক আকারে ও অন্যান্য পদার্থ আণবিক আকারে লিখিত হইয়া থাকে। যেমন দস্তা (zinc) ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন প্রস্তুত হয়। এই বিক্রিয়াটি সংক্ষেপে নিম্নলিখিত সমীকরণরূপ সাংকেতিক ভাষায় প্রকাশ করা হয়:

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

ইহাতে কঠিন ধাতু দস্তা পারমাণবিক আকারে ও অন্যান্য বস্তু আণবিক আকারে লিখিত হইয়াছে এবং নিত্যতাসূত্র রক্ষিত হইয়াছে। এইরূপ সাংকেতিকভাবে না লিখিয়া নিম্নাকারে ব্যক্ত করিলে বেশী সময় ও পরিশ্রম লাগিত :—

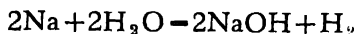
জিঙ্ক + সালফিউরিক অ্যাসিড = জিঙ্ক সালফেট + হাইড্রোজেন

উল্লিখিত সমীকরণের আরও নানা অর্থ আছে। ইহার দ্বারা বিক্রিয়ায় অংশ-গ্রহণকারী মৌল ও যৌগের পরমাণু ও অণুর সংখ্যাও জানা যায়। যেমন দস্তার এক পরমাণুর সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের এক অণুর বিক্রিয়ার ফলে যথাক্রমে জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেনের এক অণু করিয়া প্রস্তুত হইয়া থাকে।

বিক্রিয়া কারকগণের ও বিক্রিয়া জাত দ্রব্যের পরিমাণও ঐ সমীকরণ হইতে জানা যায়। ঐ সমীকরণে মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব গ্রামে ব্যক্ত করিলে জানা যায় যে 65 গ্রাম দস্তা ও 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া হইলে 161 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট ও 2 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রস্তুত হয়, কারণ দস্তা, গন্ধক, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল যথাক্রমে—65, 32, 16 ও 1।

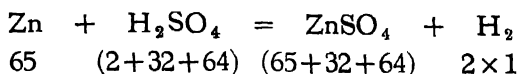
আর একটি উদাহরণ দ্বারা কি ভাবে সমীকরণ লিখিতে হয় তাহা বুঝাইয়া দেওয়া হইতেছে। ইহা পূর্বেই বলা হইয়াছে যে সোডিয়ম ধাতু জলে ফেলিলে উহাদের উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ও তাহার ফলে কস্টিক সোডা

ও হাইড্রোজেন প্রস্তুত হয়। এই বিক্রিয়াটি নিম্নোক্ত সমীকরণদ্বারা ব্যক্ত হইয়া থাকে ঃ—

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

সোডিয়ম একটি কঠিন ধাতু, সুতরাং উহা পারমাণবিক আকারে ও অন্যান্য বস্তুগুলি আণবিক আকারে লিখিত হইয়াছে। নিত্যতাসূত্র রক্ষার জন্য সোডিয়মের প্রতীক, জল ও কস্টিক সোডার সংকেতকে 2 দ্বারা গুণ করিতে হইয়াছে।

সমীকরণ সাহায্যে বিক্রিয়া কারক ও বিক্রিয়া জাত পদার্থের পরিমাণ নির্ধারণ ঃ—কোন একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারীগণের কোন একটির পরিমাণ জানা থাকিলে অন্যগুলির পরিমাণ সমীকরণের সাহায্যে হিসাব করিয়া বাহির করা যায়। ইহাতে প্রথমে বিক্রিয়াটি সমীকরণ দ্বারা ব্যক্ত করিতে হয়। তারপর ত্রৈরাশিক (Rule of three) বা ঐকিক নিয়ম দ্বারা অজ্ঞাত পরিমাণ হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয়।

উদাহরণ ১। 13 গ্রাম দস্তার সাহায্যে কত গ্রাম হাইড্রোজেন ও জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যাইবে এবং তাহাতে কত গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে ? (জিঙ্ক, গন্ধক ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 65, 32 ও 16)

$$\begin{array}{ccccccc} Zn & + & H_2SO_4 & = & ZnSO_4 & + & H_2 \\ 65 & & (2+32+64) & & (65+32+64) & & 2\times1 \end{array}$$

উক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে—

(১) 65 গ্রাম দস্তার সাহায্যে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রস্তুত হয়।

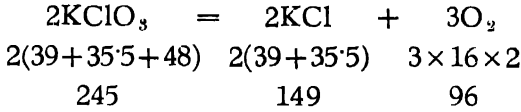
∴ 13 গ্রাম দস্তার দ্বারা $\frac{13\times2}{65}$ গ্রাম $=0{\cdot}4$ গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে।

(২) 65 গ্রাম দস্তা দ্বারা (65+32+64) গ্রাম জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যায়।

∴ 13 গ্রাম দস্তা দ্বারা $\frac{161\times13}{65}$ গ্রাম $=32{\cdot}2$ গ্রাম জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যায়।

(৩) 65 গ্রাম দস্তা (2+32+64) গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে।

∴ 13 গ্রাম দস্তা $\frac{98\times13}{65}$ গ্রাম $=19{\cdot}6$ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে।

উদাহরণ ২। 5 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে কি পরিমাণ অক্সিজেন ও পটাসিয়ম ক্লোরাইড পাওয়া যায় (পটাসিয়ম, ক্লোরিণ ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 39, 35·5 ও 16)

$$2KClO_3 \quad = \quad 2KCl \quad + \quad 3O_2$$
$$2(39+35{\cdot}5+48) \quad 2(39+35{\cdot}5) \quad 3\times16\times2$$
$$245 \qquad\qquad 149 \qquad\qquad 96$$

উক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে—

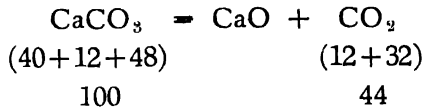
(১) 245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ 5 গ্রাম " " " $\frac{96\times5}{245}$ গ্রাম = 1·96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

(২) 245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে 149 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

∴ 5 " " " " $\frac{149\times5}{245}$ গ্রাম = 3·04 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

উদাহরণ ৩। 4·4 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ খড়ির প্রয়োজন? (ক্যালসিয়ম ও কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 40 ও 12)

$$CaCO_3 \quad = \quad CaO \quad + \quad CO_2$$
$$(40+12+48) \qquad\qquad (12+32)$$
$$100 \qquad\qquad\qquad 44$$

44 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 100 গ্রাম খড়ির প্রয়োজন।

∴ 4·4 " " " " " $\frac{4{\cdot}4\times100}{44}$ গ্রাম = 10 গ্রাম খড়ির প্রয়োজন।

প্রশ্নমালা

১। প্রতীক ও সংকেতের সংজ্ঞা কি? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

২। নিম্নলিখিত বস্তুগুলির সংকেত লিখ :—তুঁতিয়া (কপার সালফেট), অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইড, সোডিয়ম ক্লোরাইড, ফেরিক সালফেট, লেড নাইট্রেট, ক্যালসিয়ম কারবনেট ও ম্যাগনেসিয়ম ফসফেট।

৩। সমীকরণ কাহাকে বলে? সমীকরণ লিখিতে হইলে কি কি নিয়ম পালিত হয়?

৪। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিকে সমীকরণে প্রকাশ কর :—

(ক) খড়ি + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড + জল + কারবন ডাই-অক্সাইড

(খ) সোডিয়ম + জল = সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড + হাইড্রোজেন

(গ) সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড + সালফিউরিক অ্যাসিড = সোডিয়ম সালফেট + জল

(ঘ) সিলভার নাইট্রেট + সোডিয়ম ক্লোরাইড = সিলভার ক্লোরাইড + সোডিয়ম নাইট্রেট

৫। নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি মিল (balance) করিয়া লিখ :—

(ক) $H_2 + O_2 = H_2O$

(খ) $KClO_3 = KCl + O_2$

(গ) $Ca + H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$

(ঘ) $Pb(NO_3)_2 = PbO + NO_2 + O_2$

৬। 10 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন ?

[490 গ্রাম]

৭। 10 গ্রাম মারবেল হইতে কি পরিমাণ বাখারি চুন পাওয়া যায় ?

[$CaCO_3 = CaO + CO_2$] [5·6 গ্রাম]

৮। 7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ম কারবনেটের সহিত বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন ?

[$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$; ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব = 24]

[8·17 গ্রাম]

৯। কি পরিমাণ ক্যালসিয়ম কারবনেটের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 11 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় ?

[$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$] [25 গ্রাম]

১০। 20 গ্রাম ক্যালসিয়ম অক্সাইড হইতে কি পরিমাণ ক্যালসিয়ম নাইট্রেট পাওয়া যায় ?

[$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$] [52·06]

ষষ্ঠ অধ্যায়

আণবিক বা সাংকেতিক গুরুত্ব, শতকরা হার ও সংকেত নির্ণয়

(১) যৌগের সংকেত হইতে তাহার আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ :—

প্রণালী—সংকেতে অবস্থিত ভিন্ন ভিন্ন মৌলিক উপাদানের পরমাণুর সংখ্যাদ্বারা তাহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক গুরুত্বকে গুণ করিয়া যে সমস্ত সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাদিগকে একত্রে যোগ করিলে ঐ যৌগের আণবিক গুরুত্ব বাহির হয়।

উদাহরণ ১। সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব বাহির করণ :—

H_2SO_4 ইহার সংকেত। ইহাতে 2টি হাইড্রোজেন-পরমাণু 1টি গন্ধক-পরমাণু ও 4টি অক্সিজেন-পরমাণু আছে।

সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 1 + 32 + 16 \times 4$

$= 2 + 32 + 64 = 98$

যদি কোন সংকেতে বিভিন্ন অণু থাকে তবে তাহাদের মোট যোগফল হইল উহার আণবিক গুরুত্ব।

উদাহরণ ২। ফটকিরির আণবিক গুরুত্ব বাহির করণ :—

$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ইহার সংকেত। ইহার আণবিক গুরুত্ব

$= (2 \times 39 + 32 + 64) + \{2 \times 27 + 3(32 + 64)\} + 24(2 + 16)$

$= 174 + 342 + 432$

$= 948$

(২) যৌগের সংকেত হইতে তাহার মৌলিক উপাদানসমূহের শতকরা হার নির্ণয় :—

প্রণালী—(ক) প্রথমে যৌগের আণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয়, তারপর (খ) প্রত্যেকটি মৌলিক উপাদানের পরিমাণকে যৌগের আণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া ভাগফলকে 100 দ্বারা গুণ করিলে তাহাদের স্ব স্ব শতকরা হার পাওয়া যায়।

উদাহরণ ১। খাদ্যলবণে (NaCl) সোডিয়ম ও ক্লোরিণের শতকরা হার নির্ণয় :— NaCl ইহার সংকেত। সুতরাং $(23 + 35 \cdot 5) = 58 \cdot 5$ ইহার আণবিক গুরুত্ব।

$\therefore$ সোডিয়মের শতকরা হার $= \frac{23}{58 \cdot 5} \times 100 = 39 \cdot 31$

$\therefore$ ক্লোরিণের শতকরা হার $= (100 - 39 \cdot 31) = 60 \cdot 69$

উদাহরণ ২। জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা হার নির্ণয় :—

H_2O ইহার সংকেত।

$\therefore$ হাইড্রোজেনের শতকরা হার $= \frac{2}{18} \times 100 = 11 \cdot 11$

$\therefore$ অক্সিজেনের " " $= (100 - 11 \cdot 11) = 88 \cdot 89$

উদাহরণ ৩। সালফিউরিক অ্যাসিডের শতকরা সংযুতি (Percentage composition) নির্ধারণ :—

H_2SO_4 ইহার সংকেত।

$\therefore$ হাইড্রোজেনের শতকরা হার $= \frac{2}{98} \times 100 = 2 \cdot 04$

গন্ধকের " " $= \frac{32}{98} \times 100 = 32 \cdot 65$

অক্সিজেনের " " $= 100 - (2 \cdot 04 + 32 \cdot 65)$

$= 100 - 34 \cdot 69$

$= 65 \cdot 31$

(৩) যৌগের শতকরা সংযুতি (Percentage composition) হইতে তাহার পরীক্ষালব্ধ সংকেত (Emperical Formula) নির্ণয় :—

শতকরা সংযুতি হইতে যে সরলতম সংকেত পাওয়া যায় তাহাকে পরীক্ষালব্ধ সংকেত বলে।

প্রণালী—প্রত্যেকটি মৌলিক উপাদানের শতকরা হারকে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিলে যে সমস্ত সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাদিগকে তাহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র সংখ্যা দ্বারা আবার ভাগ করিতে হইবে; ইহাদ্বারা যে সমস্ত রাশি পাওয়া যাইবে তাহারাই যৌগিক অণুতে উহার মৌলিক উপাদানসমূহের পারমাণবিক অনুপাত। বিভিন্ন পরমাণুর এই সমস্ত অনুপাত পূর্ণ সংখ্যা হওয়া উচিত, কারণ পরমাণুর ভগ্নাংশ নাই এবং এই সমস্ত আনুপাতিক সংখ্যাই যৌগ-অণুতে অবস্থিত বিভিন্ন পরমাণুসমূহের স্বল্পতম সংখ্যা। যদি কোন পরমাণুর আনুপাতিক সংখ্যা পূর্ণসংখ্যা হইতে সামান্য কিছু কম বা বেশী হয় তবে উহার নিকটতম পূর্ণসংখ্যা লইতে হয়। কিন্তু ইহা যদি পূর্ণসংখ্যা হইতে অত্যধিক কম বা বেশী হয় তবে প্রত্যেকটি আনুপাতিক সংখ্যাকে কোন ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যাদ্বারা গুণ করিয়া সমস্ত আনুপাতিক সংখ্যাকে পূর্ণসংখ্যায় পরিণত করিতে হয়।

উদাহরণ ১। একটি যৌগের শতকরা সংযুতি হইল $O_2 = 58{\cdot}52\%$, $H_2 = 2{\cdot}48\%$, $S = 39\%$। ইহার পরীক্ষালব্ধ সংকেত বাহির করণ :—

প্রথমে মৌলিক উপাদানগুলির শতকরা হারকে তাহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিতে হইবে।

$$O_2 \rightarrow \frac{58{\cdot}52}{16} = 3{\cdot}65\ ; \quad H_2 \rightarrow \frac{2{\cdot}48}{1} = 2{\cdot}48\ ; \quad S \rightarrow \frac{39}{32} = 1{\cdot}2$$

ভাগফলগুলির মধ্যে 1·2 সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র, সুতরাং এই সংখ্যাদ্বারা ভাগফলগুলিকে ভাগ করিলে পারমাণবিক অনুপাত পাওয়া যাইবে।

$$\frac{3{\cdot}65}{1{\cdot}2} = 3\ ; \quad \frac{2{\cdot}48}{1{\cdot}2} = 2\ ; \quad \frac{1{\cdot}2}{1{\cdot}2} = 1$$

∴ ইহার পরীক্ষালব্ধ সংকেত হইল H_2SO_3 (সালফিউরাস অ্যাসিড)।

উদাহরণ ২। নিম্নোক্ত শতকরা হার হইতে যৌগের পরীক্ষালব্ধ সংকেত বাহির করণ :—

$O_2 = 38{\cdot}1\%$; $H_2 = 0{\cdot}8\%$; $P = 24{\cdot}6\%$; $Na = 36{\cdot}5$

∴ [পারমাণবিক গুরুত্ব—$P = 31$, $Na = 23$]

$$O_2 \rightarrow \frac{38{\cdot}1}{16} = 2{\cdot}4\ ; \quad H_2 \rightarrow \frac{0{\cdot}8}{1} = 0{\cdot}8\ ; \quad P \rightarrow \frac{24{\cdot}6}{31} = 0{\cdot}8\ ; \quad Na \rightarrow \frac{36{\cdot}5}{23} = 1{\cdot}6$$

এবং $O_2 \rightarrow \frac{2.8}{0.8} = 3$; $H_2 \rightarrow \frac{0.8}{0.8} = 1$; $P \rightarrow \frac{0.8}{0.8} = 1$; $Na \rightarrow \frac{1.6}{0.8} = 2$

∴ পরীক্ষালব্ধ সংকেত $= Na_2HPO_3$ (ডাই-সোডিয়ম হাইড্রোজেন ফসফাইট)

আণবিক সংকেত ও পরীক্ষালব্ধ সংকেত একই হইতে পারে কিংবা ভিন্নও হইতে পারে। যখন উহারা ভিন্ন হয় তখন পরীক্ষালব্ধ সংকেতের পারমাণবিক অনুপাতগুলিকে কোন পূর্ণ সংখ্যাদ্বারা গুণ করিলে যৌগের আণবিক সংকেত পাওয়া যায়।

উদাহরণ ৩। নিম্নোক্ত শতকরা সংযুতি হইতে যৌগের আণবিক সংকেত বাহির করণ :—ইহা কারবন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগ এবং ইহার আণবিক গুরুত্ব হইল 180।

$$C = 40\% \; ; \; H_2 = 6.67\%$$

ইহাতে অক্সিজেনের শতকরা হার দেওয়া নাই। এখানে অক্সিজেনের শতকরা হার $= 100 - (40 + 6.67) = 53.33$

$$\therefore \; C \rightarrow \frac{40}{12} = 3.33 \; ; \; H_2 \rightarrow \frac{6.67}{1} = 6.67 \; ; \; O_2 \rightarrow \frac{53.33}{16} = 3.33$$

এবং $C \rightarrow \frac{3.33}{3.33} = 1$; $H_2 \rightarrow \frac{6.67}{3.33} = 2$; $O_2 \rightarrow \frac{3.33}{3.33} = 1$

সুতরাং ইহার পরীক্ষালব্ধ সংকেত $= CH_2O$

যেহেতু 180 ইহার আণবিক গুরুত্ব, CH_2O ইহার আণবিক সংকেত হইতে পারে না। কোন পূর্ণ রাশিদ্বারা ইহাকে গুণ করিয়া ইহার আণবিক সংকেত বাহির করিতে হইবে।

$\therefore \; (CH_2O)x = 180$

অথবা $(12 + 2 + 16)x = 180$

সুতরাং $30 \times x = 180$

এবং $x = 6$

∴ ইহার আণবিক সংকেত $= (CH_2O)_6 = C_6H_{12}O_6$

প্রশ্নমালা

১। নিম্নলিখিত সংকেতগুলি হইতে উহাদের আণবিক গুরুত্ব বাহির কর :—(ক) $NaCl$; (খ) K_2SO_4 ; (গ) $Ca_3(PO_4)_2$; (ঘ) Al_2O_3 [পারমাণবিক গুরুত্ব—$Na = 23$, $K = 39$, $S = 32$, $O_2 = 16$, $Ca = 40$, $P = 31$, $Al = 27$, $Cl_2 = 35.5$]

[(ক) 58·5 ; (খ) 174 ; (গ) 310 ; (ঘ) 102]

২। নিম্নোক্ত সংকেতগুলি হইতে উহাদের মৌলিক উপাদানসমূহের শতকরা হার বাহির কর :—
(ক) HNO_3 (নাইট্রিক অ্যাসিড) ; (খ) C_2H_6O (কোহল) ; (গ) $C_{12}H_{22}O_{11}$ (ইক্ষুশর্করা) ;
(ঘ) $C_2H_3O_2Na$ (সোডিয়ম অ্যাসিটেট) ; (ঙ) $KClO_3$ (পটাসিয়ম ক্লোরেট)

[(ক) H_2=1·59%, N_2=22·22%, O_2=76·19% ; (খ) C=52·17%, H_2=13·04%, O_2=34·78% ; (গ) C=42·10%, H_2=6·43%, O_2=51·46% ; (ঘ) C=29·27%, H_2=3·66%, O_2=39·02%, Na=28·05% ; (ঙ) K=31·89%, Cl_2=28·95%, O_2=39·16%]

৩। নিম্নোক্ত শতকরা সংযুতি হইতে যৌগ দুইটির পরীক্ষালব্ধ সংকেত বাহির কর :—

(ক) C=69·76%, H_2=11·62%, O_2=18·61%

(খ) Mg=21·62%, P=27·98%, O_2=50·45% [(ক) $C_5H_{10}O$; (খ) $Mg_2P_2O_7$]

৪। একটি যৌগের ওজনের শতকরা 46·66 ভাগ লৌহ ও 53·34 ভাগ গন্ধক। ইহার পরীক্ষালব্ধ সংকেত কি ? [FeS_2]

৫। নিম্নোক্ত উপাত্ত (data) হইতে নাইট্রোজেনের তিনটি অক্সাইডের পরীক্ষালব্ধ সংকেত বাহির কর:—

(ক) নাইট্রাস অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা হার=36·36

(খ) নাইট্রিক অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা হার=53·33

(গ) নাইট্রোজেন পারক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা হার=69·57

[(ক) N_2O ; (খ) NO ; (গ) NO_2]

৬। বিশ্লেষণ দ্বারা জানা গিয়াছে যে দুইটি কপার অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা হার যথাক্রমে 20·26 ও 11·4। তাহাদের সম্ভাব্য সংকেত কি ? [CuO ও Cu_2O]

৭। বিশ্লেষণ দ্বারা একটি যৌগের নিম্নোক্ত শতকরা সংযুতি পাওয়া গিয়াছে। ইহার সংকেত বাহির কর :—

Mg=17·52%, N_2=10·22%, H_2=2·92%, P=22·62%, O_2=46·72 [পারমাণবিক গুরুত্ব—Mg=24, N_2=14, P=31, O_2=16] [$MgNH_4PO_4$]

৮। নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে যৌগ দুইটির সংকেত বাহির কর :—

(ক) K=31·84%, Cl=28·98%, O_2=39·18%

(খ) Na=14·31%, S=9·97%, O_2=19·89%, H_2O=55·83% [কোন যৌগের শতকরা হার দেওয়া থাকিলে তাহার আণবিক গুরুত্ব দ্বারা তাহা ভাগ করিতে হয়।]

[(ক) $KClO_3$; (খ) $Na_2SO_4, 10H_2O$]

৯। কারবন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগের শতকরা সংযুতি হইল—C=42·10, H_2=6·43%, O_2=51·46%। ইহার একটি অণুতে 12টি কারবন-পরমাণু আছে। ইহার সংকেত কি ? [$C_{12}H_{22}O_{11}$]

১০। নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে যৌগ দুইটির সংকেত বাহির কর :—

(ক) Fe=20·14%, S=11·54%, O_2=28·02%, H_2O=45·32 [লৌহের পারমাণবিক গুরুত্ব=56]

(খ) C=10·04%, H_2=0·84%, Cl_2=45·32%

[(ক) $FeSO_4, 7H_2O$; (খ) $CHCl_3$]

সপ্তম অধ্যায়

গ্যাসীয় পদার্থের অবস্থাগত গুণ বা ধর্ম

গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আয়তন ও আকার নাই। অতি সামান্য ওজনের গ্যাসীয় পদার্থও যে কোন আয়তনের পাত্রকে সম্পূর্ণরূপে সমঘনত্বে (to a uniform density) ভর্তি করিতে পারে। ইহারা আণবিক আকারে থাকে। ইহারা স্বচ্ছ কিন্তু ওজনবিশিষ্ট। যদি রাসায়নিক ক্রিয়া না ঘটে তবে তাহাদিগকে মিশ্রিত করিলে তাহারা সর্বদাই সমসত্ত্ববিশিষ্ট দ্রব প্রস্তুত করে। সকল অবস্থাতেই তাহারা চাপ প্রদান করে।

গ্যাসীয় পদার্থের চাপ :—পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে নির্দিষ্ট পরিমাণের প্রত্যেক গ্যাসীয় পদার্থেরই কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট চাপ আছে। বাতাসের যে চাপ আছে তাহা টরিসেলীয় পরীক্ষায় প্রমাণ করা যায়। প্রায় এক মিটার লম্বা একমুখ-বন্ধ একটি কাচের নল পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া কোন পাত্রে অবস্থিত পারদের মধ্যে উল্টাইয়া খাড়া অবস্থায় রাখিলে দেখা যায় যে উহার ভিতরের ভারী পারদ বাহিরের পাত্রে সম্পূর্ণরূপে নামিয়া যায় না। উহা খানিকটা নামিয়া যায় বটে কিন্তু উহার অধিকাংশই নলের মধ্যে থাকিয়া যায়। পারদ-স্তম্ভের উপরিস্থিত নলের অংশ বস্তু-শূন্য। উহাকে টরিসেলীয় শূন্য (vacuum) বলে।

মাপিয়া দেখা গিয়াছে যে বাহিরের পাত্রস্থিত পারদের উপরিতল হইতে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা প্রায় 76 সেন্টিমিটার (c. m.—সি. এম.)। এই পারদ-স্তম্ভের ওজন আছে এবং ইহা নামিয়া যাইবার জন্য নীচের দিকে প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারের উপর একটি নির্দিষ্ট চাপ দিতেছে। কিন্তু এই চাপ দেওয়া সত্ত্বেও উহা নীচে নামিতে পারিতেছে না। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ সম্বন্ধে বলা হইয়াছে যে বাতাসও বাহিরের পাত্রস্থিত পারদের উপর প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারে একটি নির্দিষ্ট চাপ দিতেছে এবং ইহা পারদ-স্তম্ভ-প্রদত্ত চাপের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করিতেছে। কিন্তু বাতাসের চাপ ও পারদ-স্তম্ভের চাপ সমান হওয়ায় স্তম্ভের পারদ নীচে নামিতে পারিতেছে না। সুতরাং একবর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ (cross-section)-যুক্ত পারদ-স্তম্ভের ওজন দ্বারা বাতাসের চাপ নির্ধারিত হইয়া থাকে। এই পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা সর্বত্র সমান নহে। ইহা স্থানের উন্নতির (altitude) উপর নির্ভর

করে। বিষুবরেখার সন্নিকটে সমুদ্র পৃষ্ঠের সমতলে এই স্তম্ভের উচ্চতা 0°C উষ্ণতায় 76 সেন্টিমিটার। ইহা যে চাপ সৃষ্টি করে তাহাকে **প্রমাণ চাপ** (**Normal pressure**) বলে। ইহাকে **বায়ুমণ্ডলীয়** (Atmospheric) চাপ বলে।

যদি বলা হয় যে কোন গ্যাসের চাপ 75 সি এম., তবে বুঝিতে হইবে যে ইহার চাপ একবর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ-যুক্ত এবং 75 সি. এম. উচ্চ পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান।

বয়েল সূত্র (**Boyle's Law**) ঃ—1662 খৃষ্টাব্দে রবার্ট বয়েল এই সূত্রটি আবিষ্কার করেন। সুতরাং ইহাকে বয়েল সূত্র বলা হয়। ইহার দ্বারা গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সম্বন্ধ ব্যক্ত হয়। ইহার সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **স্থির উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতিকভাবে** (**Inversely proportional to**) **পরিবর্তিত হয়**; অর্থাৎ চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হয় অথবা চাপ অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হয়।

গণিতের ভাষায় এই সূত্রকে সহজেই প্রকাশ করা যায়। V যদি আয়তন এবং P যদি চাপ স্বরূপ ব্যবহৃত হয় তবে এই সূত্রানুসারে $V \propto \frac{1}{P}$ (পরিমাণ ও উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে), অর্থাৎ $P \times V = K$; এখানে K একটি নিত্য সংখ্যা।

ভাষায় প্রকাশ করিলে ইহার অর্থ এইরূপ দাঁড়ায় যে P ও Vর মান যাহাই হউক না কেন তাহাদের গুণফল কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সর্বদা সমান থাকে। সুতরাং $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = K$

বয়েল সূত্রের প্রয়োগ ঃ উদাহরণ ১। 30 ঘন সেন্টিমিটার (c.c.—সি.সি.) বাতাসকে সমান উষ্ণতায় 75 সি. এম. চাপ হইতে 150 সি. এম. চাপে লইলে তাহার আয়তন কত হয়?

আমরা জানি যে—

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\therefore \quad 150 \times V_1 = 75 \times 30$$

$$\therefore \quad V_1 \text{ (পরিবর্তিত আয়তন)} = \frac{75 \times 30}{150} = 15 \text{ সি. সি.}$$

উদাহরণ ২। একই উষ্ণতায় 750 মিলিমিটার (m. m.—এম. এম.) চাপের 10 সি. সি. অক্সিজেনের আয়তন যদি 45 সি. সি. করা হয় তবে তাহার নূতন চাপ কত হইবে?

আমরা জানি যে—

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\therefore \quad P_1 \times 45 = 750 \times 10$$

$$\therefore \quad P_1 = \frac{750 \times 10}{45} = 166{\cdot}66 \text{ এম. এম.}$$

চার্ল্‌স্‌ সূত্র (**Charles' Law**) ঃ—কোন নির্দিষ্ট চাপে উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে নির্দিষ্ট পরিমাণের গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হয় এই সূত্র দ্বারা তাহাই জানা যায়। ইহার সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **স্থির চাপে প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের সঙ্গে উহার 0° সেন্টিগ্রেডের (0°C) আয়তনের (কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন) $\frac{1}{273}$ ভাগ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।** এই $\frac{1}{273}$ ভাগকে উহার **প্রসারণাঙ্ক** বলে।

0°Cএ যদি কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 ঘন সেণ্টিমিটার (c. c.—সি. সি.) হয় তবে ইহার চাপ অপরিবর্তিত রাখিলে,

1°Cএ উহার আয়তন হইবে $\left(V_0 + \frac{V_0}{273}\right)$ সি. সি. $= V_0\left(1 + \frac{1}{273}\right)$ সি.সি.

$$= V_0\left(\frac{273+1}{273}\right) \text{ সি.সি.}$$

t°Cএ „ „ „ $V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$ সি. সি.

$-$t°Cএ „ „ „ $V_0\left(\frac{273-t}{273}\right)$ সি. সি.

$-$273°C „ „ „ $V_0\left(\frac{273-273}{273}\right)$ সি. সি. $=0$

অর্থাৎ $-$273°Cএ গ্যাসের আয়তন লোপ পাইয়া থাকে ; অর্থাৎ এই উষ্ণতায় কোন পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় থাকিতে পারে না। প্রকৃতপক্ষে এই তাপমাত্রায় অসিবার বহু পূর্বেই পদার্থ কঠিনত্ব প্রাপ্ত হয়।

উষ্ণতার পরম হার (**Absolute scale of temperature**) **ও তাহার শূন্য ডিগ্রি** (0°) ঃ—এইমাত্র বলা হইল যে, $-$273°Cএ গ্যাসের কোন আয়তন থাকে না। উষ্ণতার সেণ্টিগ্রেড হারের এই $-$273°কে **শূন্য ডিগ্রি** (0°) ধরিয়া উষ্ণতার একটি নূতন হার বিজ্ঞানে প্রচলিত হইয়াছে। ইহাকে **উষ্ণতার পরম হার** বলা হয় এবং ইহার শূন্য ডিগ্রিকে **পরম শূন্য ডিগ্রি** বলা

হয়। এই হারের এক ডিগ্রি (1) পরিসরে (magnitude) এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড হারের সমান এবং ইহার শূন্য ডিগ্রিতে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন লোপ পায়। সুতরাং সেন্টিগ্রেড হারে ব্যক্ত উষ্ণতার সহিত 273 যোগ করিলে উহা এই হারে প্রকাশিত হয় এবং যে রাশিদ্বারা ইহা ব্যক্ত হয় তাহার ডান ধারে °A লিখিতে হয়।

সাধারণতঃ ইহা বড় হাতের "T" দ্বারা ব্যক্ত হইয়া থাকে। যেমন, $t°C = (t+273)°A = T$। 0°C বা 273°A উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা** বলে।

গেলিউস্যাক্ সূত্র (**Gay Lussac's Law**):—চাল্‌স্ সূত্রানুসারে আমরা জানি যে—

যদি $t_1°C$ ও $t_2°C$এ কোন গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1 ও V_2 হয় তবে

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273+t_1}{273+t_2}$$

কিন্তু $273+t_1° =$ উষ্ণতার পরম হারের পাঠ $T_1°$

এবং $273+t_2° =$ " " " " $T_2°$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

গেলিউস্যাক্ (Gay Lussac) বিজ্ঞানে উষ্ণতার পরম হার প্রচলিত করিয়া চাল্‌স্ সূত্রের সাহায্যে গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতার পরম হারের মধ্যে এই সম্বন্ধ প্রতিষ্ঠিত করেন। ইহাকে **গেলিউস্যাক্ সূত্র বলে**। ইহাদ্বারা ব্যক্ত হইয়াছে যে, **স্থির চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উষ্ণতার পরম হারের সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়**; অর্থাৎ নির্দিষ্ট চাপে উষ্ণতা পরম হারে দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হয় এবং উষ্ণতা ঐ হারে অর্ধেক করিলে আয়তনও অর্ধেক হয়।

উদাহরণ ১। 26°Cএ কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 250 সি. সি.। চাপ না বদলাইয়া উহার উষ্ণতা 0°C করিলে উহার আয়তন **কত** হইবে ?

$26°C = (26+273)°A = 299°A$

$0°C = (0+273)°A = 293°A$

$\therefore \frac{V_1}{250} = \frac{273}{299}$; সুতরাং $V_1 = \frac{273}{299} \times 250$ সি. সি. $= 228.25$ সি. সি

বয়েল সূত্র ও গেলিউস্যাক্ সূত্রের সমন্বয়ঃ গ্যাস সমীকরণঃ—P, V ও Tকে যদি কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতার পরম হার ধরা যায় তবে স্থির উষ্ণতায় $V \propto \frac{1}{P}$ (বয়েল সূত্র),

এবং স্থির চাপে $V \propto T$ (গেলিউস্যাক্ সূত্র)।

সুতরাং এই দুইটি সূত্রকে একত্রে প্রয়োগ করিলে অর্থাৎ উষ্ণতা ও চাপ উভয়কেই পরিবর্তিত করিলে—

$V \propto \frac{T}{P}$ অথবা $V = K \times \frac{T}{P}$; এখানে K একটি নিত্য সংখ্যা।

সুতরাং $\frac{P \times V}{T} = K$

Kর মান নির্ভর করে গ্যাসের পরিমাণের উপর। কিন্তু সকল গ্যাসের এক গ্রাম অণুর (for one gram molecule) জন্য Kর মান সমান। তখন Kর স্থানে R লিখিতে হয়।

আণবিক গুরুত্ব যখন গ্রামে (gram) ব্যক্ত হয় তখন ঐ পরিমাণ গ্যাসকে **এক** গ্রাম অণু বলে। যেমন 32 গ্রাম অক্সিজেনকে এক গ্রাম অণু-অক্সিজেন বলে।

অতএব এক গ্রাম অণু যে কোন গ্যাসের জন্য $\frac{PV}{T} = R$; অথবা $PV = RT$.

ইহাকে **গ্যাস সমীকরণ** (Gas Equation) বলে। ইহার দ্বারা গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা এই তিনটির মধ্যে দুইটির পরিবর্তন করিলে তৃতীয়টি কি ভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা জানা যায়।

উদাহরণ ১। 760 এম. এম. চাপে ও 0°C উষ্ণতায় যদি কোন গ্যাসের আয়তন 910 সি. সি. হয়, তবে 728 এম. এম. চাপে ও 27°C উষ্ণতায় উহার আয়তন কত হইবে ?

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$, এখানে $P_1 = 728$ এম. এম.

$T_1 = 27 + 273 = 300°$, $P_2 = 760$ এম. এম., $V_2 = 910$ সি. সি.

$T_2 = 0 + 273° = 273°$

$$\therefore \frac{728 \times V_1}{300} = \frac{760 \times 910}{273}$$

$$\therefore V_1 = \frac{760 \times 910 \times 300}{728 \times 273} = 1043{\cdot}95 \text{ সি. সি.}$$

উদাহরণ ২। অর্ধ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 20°Cএ কোন গ্যাসের আয়তন 1000 সি. সি. হইলে, 700 এম. এম. চাপে ও 10°Cএ উহার আয়তন কত হইবে ?

অর্ধ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $=\frac{760}{2}$ এম. এম. $=380$ এম. এম.

$$\therefore \frac{700\times V_1}{10+273}=\frac{380\times 1000}{20+273}$$

$$\therefore V_1=\frac{380\times 1000\times 283}{700\times 293}=513{\cdot}8 \text{ সি. সি.}$$

প্রশ্নমালা

১। বয়েল সূত্র, চার্লস্ সূত্র ও গেলিউস্যাক্ সূত্র কাহাকে বলে তাহা বুঝাইয়া দাও।

২। নিম্নোক্তগুলি ব্যাখ্যা কর :—(ক) প্রমাণ চাপ ও প্রমাণ উষ্ণতা ; (খ) উষ্ণতার পরম হার ও পরম শূন্য ডিগ্রি।

৩। গ্যাসের চাপ, উষ্ণতা ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক কি ?

720 এম. এম. চাপে ও 27°Cএ যদি কোন গ্যাসের আয়তন 100 সি. সি. হয় তবে 760 এম. এম. চাপে ও −73°Cএ ইহার আয়তন কত হইবে ? [63·1 সি. সি.]

৪। 27°Cএ ও 726·5 এম. এম. চাপে যদি কোন ভিজা গ্যাসের আয়তন 100 সি. সি. হয় তবে শুষ্ক অবস্থায় প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ইহার আয়তন কত হইবে ? (27°Cএ জলীয় বাষ্প-চাপ= 26·5 এম. এম.) [ভিজা গ্যাসের চাপকে শুষ্ক গ্যাসের চাপে পরিণত করিতে হইলে উহার ঐ চাপ হইতে ঐ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প-চাপ বিয়োগ করিতে হয়।]

আমরা জানি যে—

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{(P_2-f)V_2}{T_2} \quad (f=T_2\text{তে জলীয় বাষ্প-চাপ})$$

$$\therefore \frac{760\times V_1}{273}=\frac{(726{\cdot}5-26{\cdot}5)\times 100}{(27+273)}$$

$$\therefore V_1=83{\cdot}8 \text{ সি. সি.}$$

৫। 20°C উষ্ণতা ও 740 এম. এম. চাপযুক্ত 140 সি. সি. শুষ্ক গ্যাসকে জলভ্রংশ করিয়া (by displacement of water) 15°C ও 750 এম. এম. চাপে সংগ্রহ করিলে উহার আয়তন কত হইবে ? (15°Cএ জলীয় বাষ্প-চাপ=13 এম. এম.) [138·14 সি. সি.]

৬। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় যদি কোন গ্যাসের আয়তন 455 সি. সি. হয় তবে 730 এম. এম. চাপ ও 27°C উষ্ণতায় ইহার আয়তন কত ? [550 সি. সি.]

৭। 27°C ও 735 এম. এম. চাপের এবং 2·895 লিটার আয়তনের গ্যাসকে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে লইয়া গেলে তাহার আয়তন কত হইবে ? [2·5478 লিটার]

৮। 0°C ও 76 সি. এম. চাপের এবং 2·5 লিটার গ্যাসের উষ্ণতা ও চাপ যদি যথাক্রমে 540°C ও 150 সি. এম. করা হয় তবে তাহার আয়তন কত হয় ? [3·8 লিটার]

অষ্টম অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ : ডালটনের পরমাণুবাদ : অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প

নানাবিধ রাসায়নিক পরীক্ষায় প্রমাণিত হইয়াছে যে মৌলগুলি যে কোন অনুপাতে পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ সাধন করিতে পারে না। তাহাদের পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক সংযুক্তির সময় তাহারা কতকগুলি নিয়মের দ্বারা চালিত হয়। এই সমস্ত নিয়মকে **রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র** বলে।

এই সমস্ত সংযোগ-সূত্রের মধ্যে অন্যতম, ভরের নিত্যতাসূত্র সম্বন্ধে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। এসম্বন্ধে এখানে এইটুকু মাত্র পুনরুল্লেখ করিলে যথেষ্ট হইবে যে সকল প্রকার পরিবর্তনেই পদার্থের মোট ভর সমান থাকে, অর্থাৎ বিক্রিয়া জাত বস্তুর মোট ভর বিক্রিয়কের মোট ভরের সমান। ইহা ব্যতীত এই অধ্যায়ে আর তিনটি সূত্র আলোচিত হইবে—

স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant or Definite Proportion) :— একই যৌগ একই মৌলিক উপাদানে গঠিত এবং ইহাতে উপাদান-সমূহের ভরের অনুপাত একই দেখা যায়। অর্থাৎ যে কোন উপায়েই কোন যৌগ প্রস্তুত করা যাউক না কেন তাহার উপাদান ও তাহাতে তাহার উপাদানের পরিমাণের অনুপাত একই দেখা যাইবে।

বিশুদ্ধ জল যে কোন পদ্ধতিতেই প্রস্তুত করা হউক না কেন তাহাতে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনই উপাদানস্বরূপ পাওয়া যাইবে এবং তাহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ভরও সর্বদাই 1 : 8 অনুপাতে পাওয়া যাইবে। যে কোন উপায়েই বিশুদ্ধ খাদ্য লবণ প্রস্তুত করা যাউক না কেন তাহার উপাদান সর্বদাই সোডিয়ম ও ক্লোরিণ হইবে এবং ইহাতে তাহাদের ভর 1 : 1·54 অনুপাতে থাকিবে। সুতরাং এই সূত্র দ্বারা ইহাই ব্যক্ত হইয়াছে যে প্রত্যেকটি যৌগিক পদার্থের ওজন-সংযুক্তি (composition) স্থির ও অপরিবর্তনীয়।

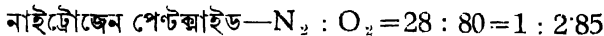
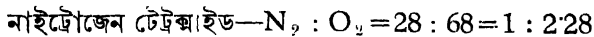
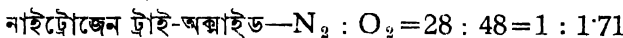
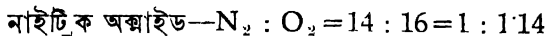
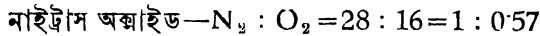
গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportion) :—যখন দুইটি মৌল বিভিন্ন পরিমাণীয় (ওজনের) অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ সৃষ্টি করে, তখন একটির ভিন্ন ভিন্ন ওজন অপরটির একটি স্থির ওজনের সঙ্গে যুক্ত হইতে দেখা যায় এবং এই সমস্ত ভিন্ন ভিন্ন ওজন

সর্বদাই একটি অতি সরল (simple) অনুপাত রক্ষা করিয়া থাকে। অতি সরল অনুপাত বলিতে সাধারণতঃ 1 হইতে 10 পর্যন্ত পূর্ণ রাশির অনুপাত বুঝায়, যেমন, 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 1, 2 : 3 ইত্যাদি।

উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিভিন্ন অনুপাতে সংযুক্তির জন্য জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। ইহাদের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণীয় অনুপাত যথাক্রমে 1 : 8 ও 1 : 16। সুতরাং পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে পরিমাণীয় 8 ও 16 ভাগ অক্সিজেনের সংযুক্তির জন্য যথাক্রমে জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত হয়। অক্সিজেনের এই দুইটি ভিন্ন পরিমাণের মধ্যে একটি অতি সরল অনুপাত 8 : 16 = 1 : 2 রক্ষা হইতেছে।

কারবন ও অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন পরিমাণীয় অনুপাতে যুক্ত হইয়া কারবন মন-অক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করে। কারবন মন-অক্সাইডে কারবন ও অক্সিজেনের অনুপাত 12 : 16 = 1 : 1·33 এবং কারবন ডাই-অক্সাইডে তাহাদের অনুপাত 12 : 32 = 1 : 2·66। সুতরাং ঐ দুইটি যৌগে অক্সিজেনের অনুপাত 1·33 : 2·66 ; অর্থাৎ 1 : 2 একটি অতি সরল অনুপাত।

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পাঁচটি বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেনের পাঁচ প্রকার অক্সাইড প্রস্তুত করিয়া থাকে। এই পাঁচটি অক্সাইডেও অক্সিজেনের ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণকে অতি সরল অনুপাতে রক্ষিত হইতে দেখা যায়। নিম্নে নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইডে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সমান (1) রাখিয়া অক্সিজেনের বিভিন্ন পরিমাণ দেওয়া হইল :

নাইট্রাস অক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 16 = 1 : 0{\cdot}57$
নাইট্রিক অক্সাইড—$N_2 : O_2 = 14 : 16 = 1 : 1{\cdot}14$
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 48 = 1 : 1{\cdot}71$
নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 68 = 1 : 2{\cdot}28$
নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 80 = 1 : 2{\cdot}85$

এই সমস্ত অক্সাইডে অক্সিজেনের বিভিন্ন পরিমাণের অনুপাত, 0·57 : 1·14 : 1·71 : 2·28 : 2·85 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

তাম্র ও অক্সিজেন দুইটি বিভিন্ন পরিমাণীয় অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া কিউপ্রাস ও কিউপ্রিক অক্সাইড নামক দুইটি যৌগ সৃষ্টি করে। এখানেও স্থির পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত তাম্রের যে দুইটি পৃথক পরিমাণকে সংযুক্ত হইতে দেখা যায় তাহাদের মধ্যেও একটি অতি সরল অনুপাত রক্ষিত হইয়া থাকে।

কিউপ্রাস অক্সাইডে—$Cu : O_2 = 127 : 16 = 7{\cdot}9375 : 1$
কিউপ্রিক অক্সাইডে—$Cu : O_2 = 63{\cdot}5 : 16 = 3{\cdot}9687 : 1$
সুতরাং এই দুইটি অক্সাইডে তাম্রের অনুপাত $= 7{\cdot}9375 : 3{\cdot}9687 = 2 : 1$

গেলিউস্যাকের গ্যাসায়তন সূত্র (Gay Lussacs Law of Combining Volumes of Gases) : বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ যে সমস্ত আয়তনে বিক্রিয়া করে সেই সমস্ত আয়তন ও বিক্রিয়া জাত দ্রব্য যদি গ্যাসীয় হয় তবে তাহার আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপিলে সর্বদাই তাহাদের মধ্যে অতি সরল অনুপাত রক্ষিত হইতে দেখা যায়। যে আয়তনিক অনুপাতে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ষ্টীম প্রস্তুত করে তাহা 2 : 1 হইতে দেখা যায়, এবং তাহাদের সংযোজন জাত ষ্টীমের আয়তনিক অনুপাতও 2 হইয়া থাকে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত হইলে 1 : 1 : 2 যথাক্রমে তাহাদের আয়তনিক অনুপাত। কারবন মন-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মধ্যে বিক্রিয়া হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত হইলে তাহাদের আয়তনিক অনুপাত যথাক্রমে 2 : 1 : 2 হইতে দেখা যায়।

ডালটনের পরমাণুবাদ (**Dalton's Atomic Theory**) **:** হিন্দু দার্শনিক কণাদ্ই অতি প্রাচীন যুগে পদার্থের গঠন সম্বন্ধে সর্বপ্রথম পরমাণুবাদ প্রচার করিয়াছিলেন। গ্রীক দার্শনিকদিগের নিকটও এই মতবাদ অজ্ঞাত ছিল না। কিন্তু 1802 খৃষ্টাব্দে ইংরেজ রাসায়নিক জন ডালটন ইহাকে বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত করেন বলিয়াই ইহা এখন ডালটনের পরমাণুবাদ নামে পরিচিত। ইহা নিম্নোক্ত চারিটি স্বীকার্য বিষয়ের সমষ্টি :

(১) প্রত্যেকটি মৌল অসংখ্য, অতিক্ষুদ্র, অবিভাজ্য ও নিরেট-কণিকা দ্বারা গঠিত। ইহাদিগকে পরমাণু বলে।

(২) একই মৌলের সমস্ত পরমাণু একই গুণ ও ওজনবিশিষ্ট।

(৩) বিভিন্ন মৌলের পরমাণু ভিন্ন গুণ ও ওজনবিশিষ্ট।

(৪) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের অতি সরল অনুপাতে সংযুক্তির ফলে নানাবিধ রাসায়নিক সংযোগ সংঘটিত হইয়া থাকে।

অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প (**Avogadro's Hypothesis**) **:** ডালটনের পরমাণুবাদ ও গেলিউস্যাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য আনিবার জন্য 1811 খৃষ্টাব্দে ইতালীয় পদার্থবিদ্ অ্যাভোগেড্রো (Avogadro) সর্বপ্রথমে পদার্থের অণুর কল্পনা করেন। তাঁহার মতে পদার্থের দুই প্রকার অতিক্ষুদ্র কণিকা বর্তমান—অণু ও

পরমাণু। উপযোগী স্থূলপদ্ধতি দ্বারা বিভক্ত করিলে পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম ও স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট কণিকা পাওয়া যায় তাহাকেই অণু বলে। ইহাতে সংশ্লিষ্ট পদার্থের সমস্ত গুণই বর্তমান। কিন্তু ইহা পরমাণুর ন্যায় অবিভাজ্য নহে। রাসায়নিক প্রক্রিয়াতে ইহাকে বিভক্ত করিলে ইহা হইতেও ক্ষুদ্রতর কিন্তু অবিভাজ্য যে কণিকা পাওয়া যায় তাহাই ডালটনীয় পরমাণু। সাধারণতঃ পরমাণুর স্বাধীন সত্তা নাই। সুতরাং অ্যাভোগেড্রোর মতে মৌলগুলি পরমাণু দ্বারা গঠিত হইলেও পরমাণুগুলি একক থাকিতে না পারায় একাধিক পরমাণু একত্রিত হইয়া এক একটি পরমাণুপুঞ্জ সৃষ্টি করে। এই পরমাণুপুঞ্জকেই তিনি অণু বলিয়াছেন। ইহার অস্তিত্ব বিজ্ঞানীরা স্বীকার করিয়াছেন। এইরূপে পদার্থের আণবিক অবস্থিতি কল্পনা করিয়া নিম্নোক্তভাবে তিনি তাঁহার প্রকল্প ব্যক্ত করিয়াছেন :

একই চাপে ও উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের সমান আয়তনে সমসংখ্যক অণু বিদ্যমান। অর্থাৎ গ্যাসের প্রকৃতি যাহাই হউক না কেন, কোন নির্দিষ্ট অবস্থায় যে কোন নির্দিষ্ট আয়তনে তাহার অণুর সংখ্যাও নির্দিষ্ট। কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় কোন গ্যাসের V আয়তনে যদি তাহার অণুর সংখ্যা n হয় তবে ঐ অবস্থায় $2V$ আয়তনে তাহার অণুর সংখ্যা হইবে $2n$।

এখন গেলিউস্যাকের পরীক্ষাসিদ্ধ গ্যাসায়তন সূত্রে এই প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া দেখা যাউক কি সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়।

আমরা জানি যে—

1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিণ = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

এখন ধরা যাউক যে এক আয়তন গ্যাসে একটি অণু আছে—

$\therefore$ 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিণ = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

সুতরাং এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অর্ধ অণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ অণু ক্লোরিণ আছে। ইহা অ্যাভোগেড্রোর মতবিরুদ্ধ নহে, কারণ তাঁহার মতে অণু অবিভাজ্য নহে।

কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য। সুতরাং এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অন্ততঃ এক পরমাণু করিয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ থাকিবেই থাকিবে। কিন্তু এই মাত্র দেখান হইয়াছে যে এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অর্ধ অণু করিয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ থাকে। সুতরাং অর্ধ অণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ অণু ক্লোরিণে যথাক্রমে অন্ততঃ এক পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু ক্লোরিণ থাকিবে। সুতরাং এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু ক্লোরিণে যথাক্রমে অন্ততঃ

2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 2 পরমাণু ক্লোরিণ থাকিবে। ইহার অর্থ হইল এই যে একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিণ অণুতে উহাদের দুইটির অধিক পরমাণু থাকিতে পারে কিন্তু দুইটির কম পরমাণু কিছুতেই থাকিতে পারে না। এইজন্যই এবং এই অর্থেই হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের আণবিক সংকেত যথাক্রমে H_2 ও Cl_2 লেখা হয়। নিম্নলিখিত চিত্রের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের পরমাণু ও অণু এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণু আরও সহজভাবে বুঝিতে পারা যায়।

হাইড্রোজেন পরমাণু—0
" অণু—00
ক্লোরিণ পরমাণ—0
" অণু—00
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু—00

অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ ঃ এই প্রকল্পের প্রয়োগে রসায়নের প্রভূত উন্নতি সাধিত হইয়াছে। ইহার প্রয়োগে নিম্নলিখিত অতি প্রয়োজনীয় সিদ্ধান্তগুলিতে পৌছান গিয়াছে—যাহার অভাবে রসায়ন বিজ্ঞান গড়িয়া উঠা সম্ভব হইত না।

(১) **গ্যাসীয় মৌলের অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি অণু থাকিবেই।**

(২) **গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।**

(৩) **আয়তনিক সংযুতি হইতে গ্যাসায় যৌগের সংকেত নির্ণয়।**

(৪) **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।**

(৫) **প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং সমান চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান।**

(১) **গ্যাসীয় মৌলের অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি অণু থাকিবেই ঃ** এ সম্বন্ধে পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। এই প্রকল্প দ্বারা ইহাই পাওয়া গিয়াছে যে মৌলিক গ্যাসের অণুতে দুইটির কম পরমাণু থাকিতে পারে না। সুতরাং এই প্রকল্প অনুসারে ইহাদের সংকেত H_2, O_2, N_2, Cl_2 ইত্যাদি দ্বারা ইহাই বুঝায়। কিন্তু পরোক্ষভাবে বৈজ্ঞানিক বিচার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে ইহাদের অণুতে মাত্র দুইটি করিয়াই পরমাণু আছে এবং ইহাদের সংকেত দ্বারা বুঝায় যে ইহাদের অণু দ্বি-পরমাণুক (Diatomic)।

(২) **গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ**ঃ এসম্বন্ধে আলোচনা করিবার পূর্বে আমাদের জানা উচিত ঘনত্ব শব্দে কি বুঝায়। সাধারণতঃ **ঘনত্ব শব্দ দ্বারা পদার্থের একক আয়তনের ভর** (Mass) বুঝায়; অর্থাৎ একক আয়তনে কতটুকু পদার্থ থাকে এই শব্দ দ্বারা তাহাই বুঝায়। ইহাকে **পরম ঘনত্ব** (**Absolute Density**) বলে। গ্যাসীয় পদার্থের বেলায় সাধারণতঃ এক ঘন সেণ্টিমিটার (1 সি. সি.) ও কোন কোন সময়ে এক লিটার (litre)-কে একক আয়তন ধরা হয়। সুতরাং এক সি. সি.-তে যে পরিমাণ পদার্থ থাকে ঘনত্ব দ্বারা তাহাই বুঝায়—

$$\text{অতএব ঘনত্ব} = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}};$$

অর্থাৎ V c.c. গ্যাসের ভর যদি W গ্রাম হয়,

$$\text{তবে ঘনত্ব (D)} = \frac{W}{V}$$

ঘনত্ব প্রকাশ করিতে হইলে কোন নির্দিষ্ট উচ্চতা ও চাপ উল্লেখ করিতে হয়।

পরম ঘনত্ব ব্যতীত আর এক প্রকার ঘনত্ব রসায়নে ব্যবহৃত হইয়া থাকে; তাহাকে **আপেক্ষিক ঘনত্ব** (**Relative Density**) বলে। কোন বস্তুকে আদর্শ (standard) ধরিয়া তাহার ঘনত্বের সঙ্গে ইহা তুলনামূলক রাশি। হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হালকা বলিয়া তাহাকেই আদর্শ ধরিয়া তাহার ঘনত্বের সঙ্গেই অন্যান্য গ্যাসের ঘনত্ব তুলনা করা হয়। সুতরাং আপেক্ষিক ঘনত্বের সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ইহা একটি রাশি। **সমান চাপে ও উষ্ণতায় সম-আয়তনের হাইড্রোজেন অপেক্ষা অন্য কোন গ্যাস কতগুণ ভারী** ইহা দ্বারা তাহাই বুঝায়।

সুতরাং গণিতের ভাষায় আপেক্ষিক ঘনত্ব

$$= \frac{\text{কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ওজন}}{\text{সেই চাপে ও উষ্ণতায় সম-আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ভর}}{\text{সেই চাপে ও উষ্ণতায় সেই একই আয়তনের হাইড্রোজেনের ভর}}$$

$$= \frac{\text{কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় 1 সি. সি. গ্যাসের ভর}}{\text{সেই একই চাপে ও উষ্ণতায় 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ভর}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}} \text{ (একই চাপে ও উষ্ণতায়)।}$$

সুতরাং কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব = ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব × সম-উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব।

এখন D যদি কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব হয়, তবে ইহার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে—

$$D = \frac{\text{1 আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{1 আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}} \text{ (একই চাপে ও উষ্ণতায়)।}$$

অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্পানুসারে যদি ধরা যায় যে 1 আয়তন গ্যাসে তাহার এক অণু আছে তবে—

$$D = \frac{\text{গ্যাসের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক অণুর ওজন}} \text{।}$$

কিন্তু জানা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক,

$$\text{সুতরাং } D = \frac{\text{গ্যাসের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 2 পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের এক অণুর ওজন}}{2 \times \text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব}}{2} \text{ (আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞানুসারে)।}$$

সুতরাং গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব = 2D = তাহার আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(৩) **আয়তনিক সংযুতি হইতে গ্যাসীয় যৌগের সংকেত নির্ণয় :** নিম্নোক্ত উদাহরণ হইতে জানা যাইবে কি করিয়া অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগে কোন গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে তাহার সংকেত নির্ণয় করিতে হয়।

পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে—

2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন ষ্টীম,

∴ 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু ষ্টীম (অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প প্রয়োগে)।

কিন্তু জানা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক,

সুতরাং 4 পরমাণু হাইড্রোজেন+2 পরমাণু অক্সিজেন=2 অণু ষ্টীম ;
অতএব 1 অণু ষ্টীমে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু অক্সিজেন আছে।
সুতরাং ষ্টীমের সংকেত হইল H_2O.

যদি কোন গ্যাসীয় যৌগের ও তাহার দুইটি মৌলিক উপাদানের আয়তনের মধ্যে একটির আয়তন না থাকে তবে এই যৌগের সংকেত বাহির করিতে হইলে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্বের সাহায্য লইতে হয়। এসম্বন্ধে উপযুক্ত ক্ষেত্রে পরে আলোচিত হইবে।

(৪) **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ঃ** পরমাণু মৌলের সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র ও অবিভাজ্য কণিকা। সুতরাং এমন কোন অণু পাওয়া যাইতে পারে না যাহাতে কোন মৌলের এক পরমাণু হইতে ক্ষুদ্রতর কণিকা থাকিতে পারে। সুতরাং যৌগের অণুতে অবস্থিত মৌলের নিম্নতম পরিমাণকে তাহার পারমাণবিক ভর বলা যাইতে পারে এবং ঐ ভরকে গ্রামে ব্যক্ত না করিয়া সংখ্যায় প্রকাশ করিলে তাহাকে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বলা যাইতে পারে। এইরূপ বিচারের উপর নির্ভর করিয়া নিম্নোক্ত ক্যানিজারো-পদ্ধতিতে গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়।

(ক) প্রথমে যে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানিতে হইবে তাহার অনেকগুলি গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগকে বিচারাধীনে লইতে হইবে। পরীক্ষা দ্বারা ঐ সমস্ত যৌগের আপেক্ষিক ঘনত্ব বাহির করিয়া তাহা হইতে তাহাদের আণবিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইবে। আণবিক গুরুত্ব গ্রামে প্রকাশ করিলেই তাহা তাহাদের গ্রাম-আণবিক-ওজন হইবে।

(খ) ঐ সমস্ত যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া তাহাদের গ্রাম-আণবিক-ওজনে কতটুকু করিয়া মৌলটি আছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। যথেষ্ট সংখ্যক ঐরূপ যৌগ যদি বিচারাধীনে আনা যায় তবে তাহাদের মধ্যে এমন দুই একটি যৌগ পাওয়া যাইবেই যাহাদের অণুতে বিচারাধীন মৌলের মাত্র একটি পরমাণুই থাকিবে। সুতরাং ইহার যৌগসমূহের গ্রাম-আণবিক-ওজনে প্রাপ্ত সর্বাপেক্ষা কম পরিমাণ মৌলই ইহার গ্রাম-পারমাণবিক-ওজন অর্থাৎ গ্রামে ব্যক্ত পারমাণবিক গুরুত্ব। এই গ্রাম-পারমাণবিক-ওজনই সংখ্যায় প্রকাশিত হইলে সেই সংখ্যাই এই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বলিয়া গণ্য হয়। এই পদ্ধতিতে কারবন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় নিম্নোক্ত সারণী দুইটিতে প্রদত্ত হইল :

(ক) কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :

বিচারাধীন যৌগ	আপেক্ষিক ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	যৌগের গ্রাম-আণবিক-ওজনে কারবনের পরিমাণ	কারবনের আণবিক গুরুত্ব
কারবন ডাই-অক্সাইড	22	44	12 গ্রাম	
কারবন মন-অক্সাইড	14	28	12 „	
অ্যাসিটিলিন	13	26	24 „	12
মিথেন	8	16	12 „	
ইথেন	15	30	24 „	
প্রপেন	22	44	36 „	
ইথিলিন	14	28	24 „	
বিউটেন	29	58	48 „	
কারবন ডাই-সালফাইড	38	76	12 „	
বেনজিন	39	78	72 „	

এই সারণীতে দেখা যাইতেছে যে কারবনের যৌগসমূহের আণবিক গুরুত্বে 12 ভাগ বা তাহার কোন সরল গুণিতক ভাগ কারবন আছে। সুতরাং 12 ভাগ অপেক্ষা অল্পভাগ কারবন উহার কোন যৌগের আণবিক গুরুত্বে দেখিতে পাওয়ার সম্ভাবনা খুবই কম। অতএব 12কেই কারবনের আণবিক গুরুত্ব বলিতে হইবে।

(খ) অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :

বিচারাধীন মৌল ও তাহার যৌগ	আপেক্ষিক ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	যৌগের গ্রাম-আণবিক-ওজনে অক্সিজেনের পরিমাণ	অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব
(অক্সিজেন)	(16)	(32)	(32) গ্রাম	
ষ্টীম	9	18	16 „	
কারবন মন-অক্সাইড	14	28	16 „	16
কারবন ডাই-অক্সাইড	22	44	32 „	
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	32 „	
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	16 „	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16 „	

উপরিস্থিত সারণী হইতে প্রমাণিত হইল যে অক্সিজেনের যৌগসমূহের গ্রাম-আণবিক-ওজনে 16 পরিমাণীয় ভাগ অক্সিজেনই ন্যূনতম। সুতরাং 16ই অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব।

(৫) প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং সমান চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান ঃ

বহুবার রাসায়নিক তুলার সাহায্যে প্রত্যক্ষ পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·089 গ্রাম।

আপেক্ষিক ঘনত্বের সংজ্ঞা হইতে জানা যায় যে—

$$\text{আপেক্ষিক ঘনত্ব} = \frac{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{0{\cdot}089}\text{।}$$

সুতরাং প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক লিটার গ্যাসের ওজন

$$= 0{\cdot}089 \times \text{আপেক্ষিক ঘনত্ব} = 0{\cdot}089 \times \frac{M}{2} \text{(এখানে } M = \text{গ্রাম-আণবিক-ওজন);}$$

অতএব প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় $\frac{M}{2} \times {\cdot}089$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 1 লিটার ;

$\therefore$ প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় M গ্রাম গ্যাসের আয়তন = $\frac{2}{{\cdot}089}$ লিটার

$= 22{\cdot}4$ লিটার।

ইহাকে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় গ্যাসের **গ্রাম-আণবিক আয়তন (Gram-molecular Volume)** বলে।

আমরা জানি যে সকল গ্যাসের উপর বয়েল সূত্র ও গেলিউস্যাক সূত্রের যুক্ত ক্রিয়া সমান। সুতরাং যে-কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান।

উদাহরণ ১। প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার ক্লোরিণ গ্যাসের ওজন 3·22 গ্রাম। ইহার আণবিক গুরুত্ব কত ?

আমরা জানি যে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং 22·4 লিটার ক্লোরিণের ওজন

$$=22 \cdot 4 \times 3 \cdot 22 \text{ গ্রাম}$$
$$=72 \cdot 1 \text{ গ্রাম।}$$

সুতরাং ক্লোরিণের আণবিক গুরুত্ব হইল 72·1

উদাহরণ ২। 32 যদি অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব হয়, তবে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 4 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন কত?

আমরা জানি যে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন =22·4 লিটার।

সুতরাং 4 গ্রাম অক্সিজেনের ঐ অবস্থায় আয়তন $= \frac{4 \times 22 \cdot 4}{32}$ লিটার

$$=2 \cdot 8 \text{ লিটার।}$$

বহু ক্ষেত্রে এই প্রকল্প প্রযুক্ত হওয়ার জন্য ইহাকে এখন **অ্যাভোগেড্রো সূত্র (Avogadro-Law)** বলা হয়।

প্রশ্নমালা

১। প্রত্যেকটি সম্বন্ধে একটি করিয়া উদাহরণসহ স্থিরানুপাত-সূত্র এবং গুণানুপাত-সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

২। একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে; উহাদের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম করিয়া লইয়া পৃথক্‌ভাবে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·798 এবং 0·444 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। প্রমাণ কর যে এখানে গুণানুপাত-সূত্র রক্ষিত হইয়াছে।

৩। লৌহের তিনটি অক্সাইডের নিম্নোক্ত শতকরা সংযুতি হইতে দেখাও যে তাহাদের দ্বারা গুণানুপাত-সূত্র ব্যাখ্যাত হইয়াছে:

I	II	III
Fe=77·78%	Fe=70%	Fe=72·42%
O_2=22·22%	O_2=30%	O_2=27·58%

৪। ডালটনের পরমাণুবাদ বিবৃত কর এবং পরমাণু ও অণুর মধ্যে পার্থক্য কি তাহা সংক্ষিপ্তভাবে বুঝাইয়া দাও।

৫। গেলিউস্যাকের গ্যাসায়তন সূত্র কি উদাহরণ সহযোগে তাহা বুঝাইয়া দাও।

৬। অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প বিবৃত কর। ইহা হইতে কি কি অতি প্রয়োজনীয় সিদ্ধান্ত পাওয়া গিয়াছে?

৭। প্রমাণ কর যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি করিয়া পরমাণু আছে।

৮। পরম ঘনত্ব ও হাইড্রোজেনের তুলনায় আপেক্ষিক ঘনত্ব বিবৃত কর। ইহাদের মধ্যে সম্বন্ধ প্রতিষ্ঠা কর। কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্বের সঙ্গে তাহার আণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক কি?

৯। উদাহরণ দ্বারা দেখাও কি করিয়া কোন গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে তাহার সংকেত নির্ণয় করা যায়।

১০। উদাহরণ দ্বারা দেখাও কি করিয়া অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প প্রয়োগে কোন গ্যাসীয় মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

১১। কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন কাহাকে বলে? প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় তাহার মাত্রা কত? কি করিয়া ইহা স্থির করা হইয়াছে?

১২। 0°Cএ ও 760 এম. এম. চাপে 250 সি.সি. মিথেনের (CH_4) ওজন কত? [0·18 গ্রাম]

১৩। 35·5 আপেক্ষিক ঘনত্ব হইলে 27°Cএ ও 740 এম. এম. চাপে 300 সি. সি. ক্লোরিণের ওজন কত? [0·8491 গ্রাম]

নবম অধ্যায়

বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়া-জাতকের ওজন এবং আয়তন সম্বন্ধীয় প্রশ্নাবলী

এই প্রকার প্রশ্নের সমাধানকালে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহের সাহায্য লইতে হয়:

(১) সমীকরণের মাধ্যমে বিক্রিয়াটি ঠিকভাবে লিখিয়া ইহাতে অংশগ্রহণকারী বস্তুসমূহের ওজন বা ভর স্থির করিতে হয়।

(২) ইহাদের অণু ও পরমাণুসমূহকে ইহাদের গ্রাম-আণবিক-ওজন ও গ্রাম-পারমাণবিক-ওজন রূপে ব্যবহার করিতে হয়। **আণবিক ও পারমাণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যে পরিমাণ পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে যথাক্রমে গ্রাম-আণবিক-ওজন ও গ্রাম-পারমাণবিক-ওজন বলে।** যেমন, 32 গ্রাম অক্সিজেনকে উহার গ্রাম-আণবিক-ওজন বলে। সেইরূপ 65 গ্রাম দস্তাকে উহার গ্রাম-পারমাণবিক-ওজন বলে; গ্রাম-আণবিক ও গ্রাম-পারমাণবিক ওজনের পদার্থকে যথাক্রমে এক গ্রাম-অণু ও এক গ্রাম-পরমাণু বলে।

(৩) প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন হয় 22·4 লিটার।

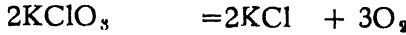
(৪) কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন অপেক্ষা এত কম যে, কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তনকে বিচারাধীনে আনিতে হয় না।

(৫) প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·089 গ্রাম।

(৬) অনেক সময়ে $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ এই সমীকরণের সাহায্যে কোন গ্যাসের আয়তনকে এক অবস্থা হইতে অন্য কোন সুবিধাজনক অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে হয়।

উদাহরণ ১। এক গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহার আয়তন 27°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে মাপিলে কত হয় ?

পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে তাহা বিযোজিত হয় :

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

$2(39+35{\cdot}5+3\times16)$ $\quad$ $3\times22{\cdot}4$ লিটার (প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায়)

$=245$ $\quad$ $=67{\cdot}2$ লিটার

পূর্বেই জানা গিয়াছে যে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় গ্রাম-আণবিক-ওজনের বা এক গ্রাম-অণু গ্যাস 22·4 লিটার ব্যাপ্ত করে।

সুতরাং 3 গ্রাম-অণু অক্সিজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $=3\times22{\cdot}4$ লিটার $=67{\cdot}2$ লিটার।

„ উক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ অবস্থায় 67·2 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়।

সুতরাং 1 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ অবস্থায় $\frac{67{\cdot}2}{245}$ লিটার $=0{\cdot}274$ লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়।

সুতরাং 27°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে

$$\frac{V\times750}{(27+273)}=\frac{0{\cdot}274\times760}{273}$$

অথবা $V=\frac{{\cdot}274\times760\times300}{750\times273}$ লিটার $=0{\cdot}305$ লিটার।

২। কি পরিমাণ পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে 27°C ও 750 এম. এম. চাপে 1 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

আমরা জানি যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উল্লিখিত আয়তন যদি V লিটার হয় তবে

$\frac{V\times760}{273}=\frac{1\times750}{300}$, অথবা $V=\frac{750\times273}{760\times300}=\frac{273}{304}$ লিটার।

পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে আমরা জানি যে প্রমাণ অবস্থায় 67·2 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায় 245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে।

সুতরাং $\frac{273}{304}$ লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে

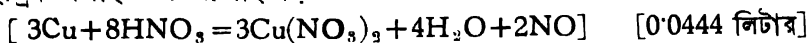
$\frac{273\times245}{67{\cdot}2\times304}=3{\cdot}274$ গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে।

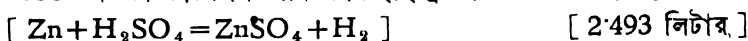
৩। 100°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে 0·117 গ্রাম গ্যাসের আয়তন যদি 1492 সি. সি. হয় তবে তাহার আণবিক গুরুত্ব কত ? [2·4]

৪। কত গ্রাম অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট বিযোজিত করিলে 39°Cএ ও 741 এম. এম. চাপে 2·5 লিটার নাইট্রাস অক্সাইড পাওয়া যায় ?

[$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$] [7·61 গ্রাম]

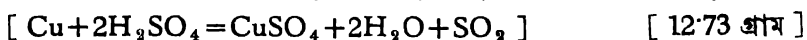
৫। 1 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কি আয়তনের নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যাইবে ?

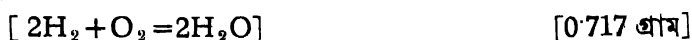
[$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$] [0·0444 লিটার]

৬। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবের সহিত 6·5 গ্রাম দস্তার বিক্রিয়ার ফলে 27°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে কি আয়তনের হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ?

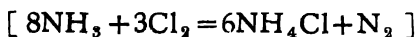
[$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$] [2·493 লিটার]

৭। দুই গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে যে অক্সিজেন পাওয়া যায় প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় তাহার আয়তন কত ?

[$2HgO = 2Hg + O_2$] [0·1136 লিটার]

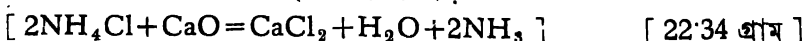
৮। 27°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে 5 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কত গ্রাম তাম্রের বিক্রিয়ার প্রয়োজন ?

[$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$] [12·73 গ্রাম]

৯। 32°Cএ ও 758 এম. এম. চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন পোড়াইলে কি পরিমাণ জল পাওয়া যায়।

[$2H_2 + O_2 = 2H_2O$] [0·717 গ্রাম]

১০। 27°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে 1 লিটার নাইট্রোজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিণের প্রয়োজন ?

[$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$]

[5·5 গ্রাম অ্যামোনিয়া, 8·6 গ্রাম ক্লোরিণ]

১১। 15°Cএ ও 750 এম. এম. চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের প্রয়োজন ?

[$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$] [22·34 গ্রাম]

দশম অধ্যায়

তুল্যাঙ্কভার (Equivalent Weight) বা যোজনভার (Combining Weight)

বহুবিধ পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে পরিমাণীয় (by weight) 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে, পরিমাণীয় 8 ভাগ অক্সিজেন, 16 ভাগ গন্ধক, 35·5 ভাগ ক্লোরিণের রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে যথাক্রমে জল, সালফারেটেড হাইড্রোজেন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত হয়। কাজেই রাসায়নিক সংযোজনা সম্পর্কে বলা যাইতে পারে যে ভিন্ন ভিন্ন মৌলের এই সমস্ত ভিন্ন ভিন্ন নির্দিষ্ট পরিমাণ ভর তুল্য ক্ষমতা বিশিষ্ট (are equivalent)।

আবার পরীক্ষা দ্বারা ইহাও প্রমাণিত হইয়াছে যে পরিমাণীয় 23 ভাগ সোডিয়ম, 28 ভাগ লোহ ও 32·5 ভাগ দস্তা পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনকে তাহার অ্যাসিডীয় যৌগ হইতে বিযোজিত করিতে পারে। অতএব বিযোজনা সম্পর্কে সোডিয়ম, লৌহ ও দস্তার এই সমস্ত ভিন্ন ভিন্ন নির্দিষ্ট পরিমাণের ভরের তুল্য ক্ষমতা আছে।

সুতরাং পরীক্ষালব্ধ জ্ঞানের দ্বারা এইভাবে বিচার করিলে দেখা যায় যে বিভিন্ন মৌলের সংযোজন ও বিযোজন ক্ষমতা ভিন্ন। কোন মৌলের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণীয় ভাগকে আদর্শ বা মাপকাঠি রূপে ব্যবহার করিলে অন্যান্য মৌলের এই ক্ষমতাকে ভিন্ন ভিন্ন সংখ্যা দ্বারা ব্যক্ত করা যায়। পরিমাণীয় এক ভাগ হাইড্রোজেন অথবা 8 ভাগ অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ক্লোরিণ, যাহা একভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়, সাধারণতঃ এইরূপ মাপকাঠি রূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তখন কোন মৌলের এইরূপ সংখ্যাকে তাহার যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার বলে। সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **কোন মৌলের যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার হইল তাহার সর্বাপেক্ষা কমসংখ্যক পরিমাণীয় ভাগ যাহা পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেন, বা 8 ভাগ অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত হয় বা ঐ পরিমাণ উক্ত মৌলগুলিকে তাহাদের যৌগ হইতে বিযোজিত করে।** সর্বাপেক্ষা কম ভাগ বলা হইল এই জন্য যে কোন কোন ক্ষেত্রে মৌলের একাধিক ভাগ 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। যেমন, পরিমাণীয় 8 ভাগ ও 16 ভাগ অক্সিজেন পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করে। এখানে 8কেই অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার ধরা হয়।

তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি

১। (ক) হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোজনা ঘটাইয়া অথবা (খ) অক্সিজেনের সহিত সংযোজিত করিয়া অধাতুসমূহের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হয়।

২। ধাতুসমূহের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নোক্ত পদ্ধতিসমূহ অবলম্বন করিতে হয়ঃ

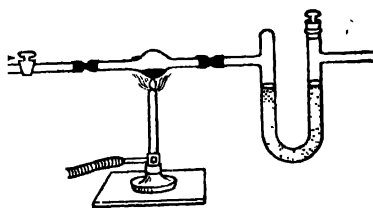
(ক) হাইড্রোজেনকে তাহার যৌগ হইতে বিযুক্তকরণ।

(খ) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত বা বিযুক্তকরণ।

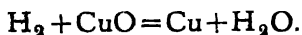
(গ) ক্লোরাইডে পরিণতকরণ।

(ঘ) স্বীয় লবণ হইতে অপর ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপন।

অধাতু

(১-ক) হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোজন-পদ্ধতিঃ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ঃ মধ্যভাগে বাল্‌বযুক্ত শক্ত ও পুরু কাচের একটি নলের বাল্‌বের মধ্যে কিছুটা তাম্রের বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কাল অক্সাইড লইয়া ওজন কর। তারপর তাহাকে অনুভূমিক (horizontal) ভাবে রাখিয়া তাহার একটি মুখ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রস্তুতকারকের সঙ্গে যুক্ত কর এবং পূর্বেই ওজন করা হইয়াছে এমন

চিত্র—১৭

একটি শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের সহিত উহার অপর মুখ যুক্ত কর (চিত্র—১৭)। এখন ঐ নলের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহ চালিত কর। নলটি বাতাসমুক্ত হইলে কপার অক্সাইড সমেত বাল্‌বটি বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী স্টীম প্রস্তুত করে—

$$H_2 + CuO = Cu + H_2O.$$

এইজন্য কপার অক্সাইড সমেত কাচের নলের ওজন হ্রাস পাইবে। ষ্টীম হাইড্রোজেন দ্বারা বাহিত হইয়া U-নলস্থিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হইবে ও তাহার ওজন বৃদ্ধি করিবে। পরীক্ষাটি এইভাবে কিছুক্ষণ চালাইবার পর হাইড্রোজেন প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া নলটি ঠাণ্ডা কর এবং উহা ও U-নল পুনরায় ওজন কর। পরে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর:

হিসাবঃ পরীক্ষার পূর্বে তাম্রের অক্সাইডসহ নলের ওজন $= w_1$ গ্রাম।
" পরে " " " " $= w_2$ গ্রাম।
সুতরাং হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (w_1 - w_2)$ গ্রাম।
পরীক্ষার পূর্বে U-নলের ওজন $= a$ গ্রাম।
" পরে " " $= b$ গ্রাম।
সুতরাং উৎপন্ন জলের ওজন $= (b - a)$ গ্রাম।
যেহেতু জলে শুধু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন থাকে—
অতএব অক্সিজেনযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন $= \{(b-a)-(w_1-w_2)\}$ গ্রাম,
এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার = 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের

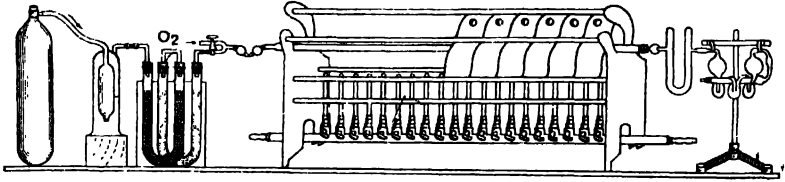
ওজন $= \dfrac{w_1 - w_2}{(b-a)-(w_1-w_2)}$,

পরীক্ষা দ্বারা 8 অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার রূপে পাওয়া গিয়াছে।

(১-খ) অক্সিজেনের সহিত যুক্তকরণ-পদ্ধতিঃ কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ঃ পরিষ্কার ও স্থির ওজনের একটি ছোট পোরসিলেনের নৌকায় সামান্য কিছুটা বিশুদ্ধ শর্করা-অঙ্গার লইয়া মোট ওজন লও। একটি শক্ত ও পুরু কাচের দাহ-নল লইয়া তাহার ⅔ অংশ মোটাদানার কপার অক্সাইড দ্বারা পূর্ণ কর এবং ইহার খালি অংশে অঙ্গারসহ নৌকাটি স্থাপন কর (চিত্র—১৮)। নৌকার পিছনে জারিত কপারের (oxidised copper) একটি ছোট গুটান তাড়া (roll) রাখ। এবার একটি করিয়া সরু কাচের নলযুক্ত ছিপি দ্বারা দাহ-নলের মুখ দুইটি বন্ধ করিয়া দাও। দাহ-নলটিকে এবার সতর্কতার সহিত একটি দাহ-চুল্লীতে রাখ। পোরসিলেন-নৌকার নিকটবর্তী

চিত্র—১৮
ক—জারিত কপার, খ—পোরসিলেন-নৌকা;
গ-গ—কপার অক্সাইড

দাহ-নলের মুখ-সংলগ্ন সরু কাচের প্রবেশ-নলটি রবার-নল সহযোগে দুইটি পরস্পর-সংযুক্ত শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড পূর্ণ U-নলের সহিত যুক্ত কর। বাহিরের U-নলটি একটি গাঢ় কষ্টিক পটাশ দ্রব পূর্ণ পটাশ-বালবের সহিত যুক্ত কর। পটাশ-বালবটি একটি অধিক চাপ-যুক্ত অক্সিজেনপূর্ণ ইস্পাতের বেলনের (cylinder) সহিত যুক্ত কর। বেলন-সংলগ্ন স্টপকক আংশিকভাবে খুলিয়া কারবন ডাই-অক্সাইডমুক্ত ও শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহ দ্বারা দাহ-নলের বাতাস তাড়াইয়া দাও। দাহ-নলের অপর মুখ-সংলগ্ন প্রবেশ-নলটি এবার পূর্বেই ওজন করা পটাশ-বালবের সহিত যুক্ত কর। সম্পূর্ণ সাজ-সরঞ্জাম ১৯নং চিত্রে দেওয়া হইল। দাহ-চুল্লী দীপগুলি এবার জ্বালাও এবং

দাহ-নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহ আস্তে আস্তে চালাও। কারবন অক্সিজেনে পুড়িয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। কারবনের আংশিক জারণের জন্য যদি সামান্য পরিমাণে কারবন মন-অক্সাইডও হয় তবে তাহা উত্তপ্ত কপার

চিত্র—১৯

অক্সাইডের ভিতর দিয়া চালিত হইবার সময় জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিবর্তিত হইয়া যায়। এইরূপে প্রস্তুত কারবন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাশ দ্রবে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইয়া পটাশ-বাল্‌বের ওজন বৃদ্ধি করিবে। প্রক্রিয়াটি কিছু সময় চালাইবার পর দীপগুলি নিবাইয়া দাও এবং দাহ-নল ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন চালনা অব্যাহত রাখ। দাহ-নলটি সম্পূর্ণরূপে ঠাণ্ডা হইলে পোরসিলেন-নৌকা বাহির করিয়া আনিয়া পুনরায় উহার ওজন লও। পটাশ-বাল্‌বটিরও পুনরায় ওজন লও। পরিশেষে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ধারণ কর :

হিসাব : কারবন-সহ পোরসিলেন-নৌকার প্রথম ওজন $= a$ গ্রাম।

উহার দ্বিতীয় ওজন $= b$ গ্রাম।

সুতরাং দগ্ধ অঙ্গারের ওজন $= (a - b)$ গ্রাম।

পটাশ-বাল্‌বের প্রথম ওজন $= w_1$ গ্রাম।

উহার দ্বিতীয় ওজন $= w_2$ গ্রাম।

সুতরাং উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম,

এবং কারবনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= \{(w_2 - w_1) - (a - b)\}$ গ্রাম।

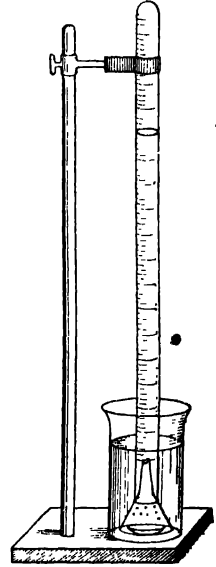
সুতরাং $\{(w_2 - w_1) - (a - b)\}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $(a - b)$ গ্রাম কারবন যুক্ত হইয়াছে।

অতএব 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে

$$\frac{8(a - b)}{(w_2 - w_1) - (a - b)} \text{ গ্রাম কারবন।}$$

ইহাই কারবনের তুল্যাঙ্কভার।

পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে 3 কারবনের তুল্যাঙ্কভার।

(২-ক) হাইড্রোজেন বিযুক্তকরণ-পদ্ধতি : দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : একটি জেব-ঘড়িকাচের উপর নির্ভুলভাবে ওজন-করা ছোট একটুকরা (প্রায় 0·1 গ্রাম) দস্তা লও এবং উহা একটি বীকারের মধ্যে রাখ। দস্তার টুকরাটির উপরে একটি ফানেল বসাও। বীকারে এখন এমন পরিমাণ জল ঢাল যাহাতে ফানেলের নালটি সম্পূর্ণরূপে জলে ডুবিয়া থাকে। একটি অংশাঙ্কিত ও একমুখ বন্ধ কাচের নল সম্পূর্ণরূপে জলপূর্ণ করিয়া ফানেলের নালের উপর উল্টা-ভাবে বসাইয়া দাও এবং একটি বেড়ির সাহায্যে দাঁড়-সংলগ্ন করিয়া উহাকে খাড়াভাবে রাখ (চিত্র ২০)। বীকারের জলের মধ্যে এখন কিছু পরিমাণ গাঢ় সালফিউ-রিক অ্যাসিড ঢাল। উহাতে কয়েক ফোঁটা তুঁতিয়ার দ্রব দাও এবং একটি কাচ-দণ্ড দ্বারা নাড়। দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে এবং উহা অংশাঙ্কিত কাচের নলস্থিত জলকে ভ্রংশ করিয়া (displacement) উহাতে সংগৃহীত হইবে। ক্রমে ক্রমে সমস্ত দস্তা নিঃশেষিত হইলে নলের খোলা মুখে একটি জলপূর্ণ খর্পর বা মুচি দিয়া উহাকে বীকার হইতে বাহির করিয়া একটি জলপূর্ণ লম্বা কাচ-জারের (glass-jar) মধ্যে রাখ। একখানা ভাঁজকরা কাগজের সাহায্যে অংশাঙ্কিত কাচ-নলটির ভিতরের ও বাহিরের জল-পৃষ্ঠ একই উচ্চতায় আনিয়া হাইড্রোজেনের আয়তন পড়িয়া লও। ঐসময়ের বায়ুমণ্ডলীয় চাপও ব্যারোমিটার নামক যন্ত্রের সাহায্যে জানিয়া লও। এই চাপ ভিজা হাইড্রোজেনের চাপের সমান। একটি থারমোমিটারের সাহায্যে জলের উষ্ণতাও জানিয়া লও। হাইড্রোজেনের উষ্ণতা জলের উষ্ণতার সমান। ব্যারোমিটারের সাহায্যে জ্ঞাত বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইতে এই উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ পাওয়া যাইবে। এই উষ্ণতা ও চাপের হাইড্রোজেনের আয়তনকে গ্যাস-সমীকরণের সাহায্যে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় লইয়া যাও এবং পরে হিসাব করিয়া দস্তার তুল্যাঙ্কভার বাহির কর।

চিত্র—২০

হিসাব : মনে কর,

দস্তার ওজন $= g$ গ্রাম

সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন $= v$ সি. সি.

উষ্ণতা $=t^\circ C$

বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $=p$ এম. এম.

$t^\circ C$-এ জলীয় বাষ্পের-চাপ $=f$ এম. এম.

সুতরাং, $\frac{v_1 \times 760}{273} = \frac{v \times (p-f)}{t+273}$ অথবা, $v_1 = \frac{v \times (p-f) \times 273}{(t+273) \times 760}$ সি. সি.

হাইড্রোজেনের প্রমাণ-ঘনত্ব $=0{\cdot}000089$ গ্রাম ;

সুতরাং বিযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন $=v_1 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম ;

অর্থাৎ $v_1 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম হাইড্রোজেনকে বিযুক্ত করিতে g গ্রাম দস্তার প্রয়োজন।

সুতরাং 1 গ্রাম হাইড্রোজেনকে বিযুক্ত করিতে

$\frac{g}{v_1 \times 0{\cdot}000089}$ গ্রাম দস্তার প্রয়োজন।

অতএব দস্তার তুল্যাঙ্কভার $= \frac{g}{v_1 \times 0{\cdot}000089}$

পরীক্ষার দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে যে 32·5 হইল দস্তার তুল্যাঙ্কভার।

(২-খ) অক্সিজেনের সহিত যুক্তকরণ-পদ্ধতি : তাম্রের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : পা-হাপরের সাহায্যে পুনঃপুনঃ উত্তপ্ত ও শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া ঢাকনিসহ একটি পোরসিলেনের মুচির প্রথমে স্থির ওজন বাহির কর। ইহাতে পরে কয়েকটি তামার চোকলা (copper turnings) লইয়া আবার ওজন কর। ইহা দ্বারা গৃহীত তামার চোকলার ওজন পাওয়া যাইবে। ইহাতে এখন গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়া তামার চোকলাগুলি ডুবাইয়া রাখ। শীঘ্রই নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী তামার চোকলাগুলি নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে নিঃশেষিত হইয়া যাইবে :

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

তারপর মুচিটিকে একটি জলগাহের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কর। নাইট্রিক অ্যাসিড ও জল বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যাইবে এবং সবুজ কপার নাইট্রেট কঠিন অবস্থায় পড়িয়া থাকিবে।

মুচিটিকে এখন একটি মুষাধারের (claypipe triangle) উপর রাখিয়া এবং তাহার ঢাকনিটিকে একটু কাত করিয়া আলগাভাবে রাখিয়া বুনসেন-দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। অত্যধিক উত্তাপে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কঠিন কাল কপার অক্সাইড, বাদামি রংএর গ্যাসীয় নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেনে পরিবর্তিত হইবে :

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

বাদামি রংএর গ্যাস-নির্গমন বন্ধ হইলে উহাকে শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লও। একটি স্থির ওজন না পাওয়া পর্যন্ত এইভাবে ঢাকনিসহ মুচিটিকে কয়েকবার উত্তপ্ত ও ঠাণ্ডা কর। পরে নিম্নোক্ত হিসাবমত তাম্রের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর :

হিসাব : ঢাকনিসহ মুচির ওজন $=g_1$ গ্রাম।

" " " + তামার চোকলার ওজন $=g_2$ "

স্থতরাং তামার চোকলার ওজন $=(g_2-g_1)$ গ্রাম।

ঢাকনিসহ মুচি+কপার অক্সাইডের ওজন $=g_3$ গ্রাম।

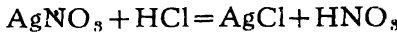
স্থতরাং তামার সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(g_3-g_2)$ গ্রাম।

অর্থাৎ (g_3-g_2) গ্রাম অক্সিজেন, (g_2-g_1) গ্রাম তাম্রের সহিত যুক্ত হয়।

স্থতরাং 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $\frac{8(g_2-g_1)}{(g_3-g_2)}$ গ্রাম তাম্র যুক্ত হয়।

ইহাই তাম্রের তুল্যাঙ্কভার। পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে 31·75 কিউপ্রিক কপারের তুল্যাঙ্কভার।

(২-গ) **ক্লোরাইডে পরিণতকরণ-পদ্ধতি : রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :** প্রায় 0·5 গ্রাম পরিমাণ একখানা পরিষ্কার ও বিশুদ্ধ রৌপ্যের পাত তুলায় ঠিকভাবে ওজন করিয়া একটি বীকারে লও এবং তাহাতে এমন পরিমাণ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রব দাও যাহাতে পাতটির সম্পূর্ণরূপে নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া হইলে অবশিষ্ট দ্রবটি সামান্য পরিমাণে আম্লিক থাকে। ইহার দ্বারা সিলভার নাইট্রেটের আম্লিক দ্রব প্রস্তুত হইবে। ইহাতে সামান্য বেশী পরিমাণে 1 : 2 অনুপাতের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দাও। নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইবে :

$$AgNO_3+HCl=AgCl+HNO_3$$

সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপকে পরিস্রাবণ প্রথায় ছাঁকিয়া লইয়া ফিলটার কাগজের উপর সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিডযুক্ত জল দ্বারা তিন-চার বার ধুইয়া লও। পরে আরও তিন বার পাতিত জলে ধুইয়া লইয়া প্রথমে 100°Cএ উত্তপ্ত করিয়া পরে তাহাকে বায়ু-চুল্লীতে 130°C পর্যন্ত উষ্ণতায় শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা কর। এখন তাহার ওজন লও এবং নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর :

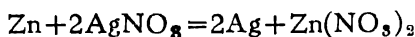
হিসাব : রৌপ্য-পাতের ওজন $=g_1$ গ্রাম।

সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $=g_2$ "

রৌপ্যের সহিত যুক্ত ক্লোরিণের ওজন $=(g_2-g_1)$ গ্রাম।

স্থতরাং রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{35·5\times g_1}{g_2-g_1}=107·88$

(২-ঘ) স্বীয় লবণ হইতে অপর ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপন-পদ্ধতি : দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : কোন একটি ধাতু তাহার লবণের দ্রব হইতে অপর কোন বিশেষ ধাতুর সংস্পর্শে প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে দস্তা ডুবাইয়া রাখিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে রৌপ্য প্রতিস্থাপিত হয় :

$$Zn+2AgNO_3=2Ag+Zn(NO_3)_2$$

এইরূপ বিক্রিয়ার উপর এই পদ্ধতি নির্ভর করে।

পরীক্ষা : একখণ্ড ছোট ও বিশুদ্ধ দস্তার পাত ওজন কর। একটি বীকারে গাঢ় সিলভার নাইট্রেটের দ্রব লইয়া তাহাতে ঐ দস্তার পাত ডুবাইয়া রাখ। ক্রমে ক্রমে দস্তার পাত ঐ দ্রবে নিঃশেষ হইয়া যাইবে এবং রৌপ্য অধঃক্ষিপ্ত হইবে। দস্তার পাত সম্পূর্ণরূপে অদৃশ্য হইলে বীকারটি একটু গরম কর এবং অধঃক্ষিপ্ত রৌপ্য পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে ছাঁকিয়া লও। প্রথমে অধঃক্ষেপ গরম পাতিত জলে তিন-চার বার ধুইয়া লইয়া পরে অ্যালকোহল দ্বারা তিন-চার বার ধুইয়া লও। তারপর তাহাকে বায়ু-চুল্লীতে শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিবার পর ওজন কর। অবশেষে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর :

হিসাব : মনে কর,

দস্তার ওজন $=g_1$ গ্রাম।

অধঃক্ষিপ্ত রৌপ্যের ওজন $=g_2$,,

সুতরাং 107·88 গ্রাম রৌপ্য, $\frac{107.88\times g_1}{g_2}$ গ্রাম দস্তা কর্তৃক অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

এখন কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার গ্রামে ব্যক্ত হইলে তাহাকে গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার বলে এবং ঐ পরিমাণ বস্তুকে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে। যেহেতু কোন মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অন্য মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ককে প্রতিস্থাপিত করে, সুতরাং এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক রৌপ্য, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দস্তা দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

অতএব $\frac{107.88\times g_1}{g_2}=32.5$ হইল দস্তার তুল্যাঙ্কভার।

প্রশ্নমালা

১। মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝায়, উদাহরণ দ্বারা তাহা বিশদ্‌ভাবে ব্যাখ্যা কর।

২। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে শুষ্ক কপার অক্সাইড সমেত বাল্‌বযুক্ত কাচ-নলের ওজন 10 গ্রাম এবং পরীক্ষা শেষ হইবার পরে উহার ওজন 6 গ্রাম। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের ওজন 11·5 গ্রাম ও পরীক্ষার শেষে উহার ওজন 16 গ্রাম। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার কত?

হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(10-6)=4$ গ্রাম।

উৎপন্ন জলের ওজন $=(16-11\cdot5)=4\cdot5$ গ্রাম।

অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন = উৎপন্ন জলের ওজন − উহার অক্সিজেনের ওজন $=(4\cdot5-4)=0\cdot5$ গ্রাম।

সুতরাং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{4}{0\cdot5}=8$

৩। পরীক্ষার পূর্বে শুষ্ক কপার অক্সাইডসহ বাল্‌বযুক্ত কাচ-নল এবং শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডযুক্ত U-নলের ওজন যথাক্রমে 12 গ্রাম ও 15·75 গ্রাম। পরীক্ষার পরে উহাদের ওজন যথাক্রমে 10 গ্রাম ও 18 গ্রাম। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার কত? [8]

৪। কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়-পদ্ধতি বর্ণনা কর। 1 গ্রাম শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কয়লা পোড়াইলে যদি 3·67 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত হয় তবে কারবনের তুল্যাঙ্কভার কত?

কারবনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন − উহার কারবনের ওজন $=(3\cdot67-1)=2\cdot67$ গ্রাম।

সুতরাং কারবনের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{1\times8}{2\cdot67}=3$

৫। 0·5 গ্রাম বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কয়লা পোড়াইলে যদি 1·83 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় তবে কারবনের তুল্যাঙ্কভার কত? [3]

৬। যে যে পদ্ধতিতে ধাতব-মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়, তাহা উল্লেখ কর। লঘু সালফিউরিক দ্রবের সাহায্যে কি করিয়া দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

৭। 0·2 গ্রাম ওজনের কোন ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে এবং 15°C উষ্ণতায় ও 750 এম. এম. চাপে 200 সি. সি আয়তনের হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? (15°Cএ জলীয় বাষ্পের চাপ = 12·5 এম. এম.)

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

এই সমীকরণের সাহায্যে নিম্নোক্ত উপায়ে প্রমাণ অবস্থায় উৎপাদিত হাইড্রোজেনের আয়তন পাওয়া যাইবে।

$$\frac{V_1\times 760}{273}=\frac{200\times(750-12\cdot5)}{(15+273)}$$

$$\therefore\ V_1=\frac{200\times 737\cdot5\times 273}{288\times 760}=183\cdot975 \text{ সি. সি.}$$

∴ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন = 183·975 × 0·000089 গ্রাম
= 0·0164 গ্রাম।

ধাতুর ওজন = 0·2 গ্রাম।

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}=\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}}=\frac{0\cdot2}{0\cdot0164}=12\cdot19$$

৮। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত 0·082 গ্রাম ওজনের কোন ধাতুর বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ অবস্থায় 15·5 সি. সি শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। [58·78]

৯। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত 0·109 গ্রাম ম্যাগনেসিয়মের বিক্রিয়ার ফলে জলের উপর 109·1 সি. সি. হাইড্রোজেন 17°C উষ্ণতায় ও 754·5 এম এম. চাপে সংগৃহীত হয়। ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার কত?
(17°Cএ জলীয় বাষ্প-চাপ = 14·4 এম. এম.) [12·24]

১০। 0·177 গ্রাম ওজনের কোন ধাতুর সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইলে 12°Cএ ও 766 এম. এম. চাপে 177 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। [11·8]

১১। 0·1 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুর সহিত কোন খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ অবস্থায় 34·2 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। উহার তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। [32·49]

১২। 0·15 গ্রাম ওজনের কোন ধাতু কোন লঘু খনিজ অ্যাসিড সহযোগে প্রমাণ অবস্থায় 139·38 সি. সি. হাইড্রোজেন দেয়। উহার তুল্যাঙ্কভার কত? [12]

১৩। 0·15 গ্রাম দস্তা ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া হইলে জলের উপর 28°Cএ ও 763 এম. এম. চাপে 57·5 সি. সি. হাইড্রোজেন সংগৃহীত হয়। 28°Cএ জলীয় বাষ্প-চাপ=28 এম. এম.। দস্তার তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। [32·8]

১৪। 1·58 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহ চালিত করিয়া 0·36 গ্রাম জল ও 1·26 গ্রাম তাম্র পাওয়া যায়। অক্সিজেন ও তাম্রের তুল্যাঙ্কভার হিসাব করিয়া বাহির কর। [অক্সিজেন=8 ; তাম্র=31·5]

১৫। তাম্রের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বিশদ্‌ভাবে বর্ণনা কর।

0·5 গ্রাম তাম্র সম্পূর্ণরূপে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রব হইতে বাষ্পীভবন দ্বারা যে অবশেষ পাওয়া যায় তাহাকে অত্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া 0·627 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। তাম্রের তুল্যাঙ্কভার কত?

উপরোক্ত উপাত্ত (data) হইতে জানা যায় যে,

তাম্রের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন=কপার অক্সাইডের ওজন−তাম্রের ওজন=(0·627−0·5) গ্রাম=0·127 গ্রাম।

∴ 0·127 গ্রাম অক্সিজেন 0·5 গ্রাম তাম্রের সহিত সংযুক্ত হয়।

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন $=\frac{0·5\times 8}{0·127}$ গ্রাম তাম্রের সহিত

=31·5 গ্রাম তাম্রের সহিত যুক্ত হয়।

∴ 31·5 তাম্রের তুল্যাঙ্কভার।

১৬। 1·77 গ্রাম তাম্র হইতে 2·22 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। তাম্রের তুল্যাঙ্কভার কত? [31·45]

১৭। রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

1·2 গ্রাম রৌপ্যের অতিরিক্ত পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে যে দ্রব পাওয়া যায় তাহা হইতে 1·595 গ্রাম শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ক্লোরিণের তুল্যাঙ্কভার 35·5 ধরিলে রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার কত?

রৌপ্যের সহিত যুক্ত ক্লোরিণের ওজন=সিলভার ক্লোরাইডের ওজন−রৌপ্যের ওজন=(1·595−1·2) গ্রাম=0·395 গ্রাম।

∴ 35·5 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত যুক্ত রৌপ্যের ওজন

$=\frac{35·5\times 1·2}{0·395}$ গ্রাম=107·85 গ্রাম।

∴ 107·85 রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার।

১৮। 1 গ্রাম উত্তপ্ত সোডিয়মের উপর শুষ্ক ক্লোরিণ চালিত করিয়া 2·54 গ্রাম খাদ্য লবণ (NaCl) পাওয়া যায়। সোডিয়মের তুল্যাঙ্কভার কত ? [23]

১৯। তুঁতিয়ার (কপার সালফেটের) দ্রব হইতে 0·515 গ্রাম দস্তার দ্বারা 0·5 গ্রাম তাম্র অধঃক্ষিপ্ত হয়। 32·5 দস্তার তুল্যাঙ্কভার হইলে তাম্রের তুল্যাঙ্কভার কত ?

0·515 গ্রাম দস্তা 0·5 গ্রাম তাম্রকে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$\therefore$ 32·5 „ „ $\frac{32.5 \times 0.5}{0.515}$ গ্রাম তাম্রকে

$= 31.5$ গ্রাম তাম্রকে অধঃক্ষিপ্ত করিবে।

$\therefore$ 31·5 তাম্রের তুল্যাঙ্কভার।

২০। 1 গ্রাম দস্তার দ্বারা তুঁতিয়ার দ্রব হইতে 0·973 গ্রাম তাম্র অধঃক্ষিপ্ত হয়। 31·5 তাম্রের তুল্যাঙ্কভার হইলে দস্তার তুল্যাঙ্কভার কত ? [32·5]

২১। কোন ধাতুর ক্লোরাইডে ধাতু ও ক্লোরিণের শতকরা-হার যথাক্রমে 34·36 ও 65·64। ক্লোরিণের তুল্যাঙ্কভার 35·5 হইলে ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত হইবে ? [18·58]

একাদশ অধ্যায়

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

তুল্যাঙ্কভার, যোজ্যতা ও পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে সম্বন্ধঃ যদি a, v ও eকে যথাক্রমে কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, যোজ্যতা ও তুল্যাঙ্কভার ধরা হয়, তবে যোজ্যতার সংজ্ঞানুসারে ঐ মৌলের এক পরমাণু হাইড্রোজেনের v পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া থাকে।

সুতরাং পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞানুসারে ঐ মৌলের a পরিমাণীয় ভাগ হাইড্রোজেনের v পরিমাণীয় ভাগের সহিত যুক্ত হইবে।

$\therefore$ 1 পরিমাণীয় ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত ঐ মৌলের $\frac{a}{v}$ পরিমাণীয় ভাগ যুক্ত হইবে। ইহাকেই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।

$$\text{সুতরাং } \frac{a}{v} = e$$

$$\text{অথবা } e \times v = a$$

এই সমীকরণে v একটি সরল ও পূর্ণসংখ্যা।

স্থতরাং এই সম্বন্ধ দ্বারা জানা যাইতেছে যে, কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব তাহার তুল্যাঙ্কভার এবং কোন সরল ও পূর্ণসংখ্যার গুণিতকের সমান।

এই সমীকরণটি বিজ্ঞানীদের পক্ষে অত্যন্ত প্রয়োজনীয়; কারণ ইহা দ্বারা কোন মৌলের সঠিক বা নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। মাত্রিক বিশ্লেষণ (Quantitative analysis) দ্বারা তুল্যাঙ্কভার সঠিকভাবে নির্ণয় করিতে পারা যায়। স্থতরাং মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিয়া ইহার দ্বারা তাহার তুল্যাঙ্কভারকে গুণ করিলেই তাহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব জানিতে পারা যাইবে।

মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইলে একটি বা একাধিক ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে তাহার মোটামুটি (approximate) পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিয়া তাহাকে তাহার তুল্যাঙ্কভার দ্বারা ভাগ করিতে হয়। ভাগফল প্রায়ই কোন সরল ও পূর্ণসংখ্যার কাছাকাছি কোন অপূর্ণ বা ভগ্ন সংখ্যা হয়। কিন্তু যোজ্যতা ভগ্ন সংখ্যা হইতে পারে না বলিয়া নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যাকেই মৌলের যোজ্যতা ধরিতে হয়। নিম্নে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন ভৌত পদ্ধতি প্রদত্ত হইল:

(১) **অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ:** ইহাদ্বারা গ্যাসীয় মৌলের এবং গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানা যায়। কি প্রকারে গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয় তাহা পূর্বেই (৭০-৭১ পৃষ্ঠা) আলোচিত হইয়াছে। এখন গ্যাসীয় মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব কি করিয়া এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা সম্ভব তাহাই আলোচিত হইতেছে।

প্রথমে গ্যাসীয় মৌলটির আপেক্ষিক গুরুত্ব পরীক্ষা দ্বারা নির্ধারণ করিয়া এবং তাহাকে 2 দ্বারা গুণ করিয়া তাহার আণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয়। এখন আমরা এই প্রকল্পের সাহায্যে ইহাও জানি যে গ্যাসীয় মৌলের অণু দ্বি-পরমাণুক। স্থতরাং এইরূপ মৌলের আণবিক গুরুত্বকে 2 দ্বারা ভাগ করিলেই তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। অর্থাৎ এইরূপ মৌলের অপেক্ষিক গুরুত্বই তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের সমান।

(২) **'ডিউলং এবং পেটিট্'-সূত্রের (Dulong and Petit's Law) প্রয়োগ:** 1819 খৃষ্টাব্দে 'ডিউলং ও পেটিট্' এই সূত্রটি বাহির করেন। ইহা কারবন, বোরোন ও সিলিকন ভিন্ন শুধু অন্যান্য কঠিন মৌলের উপর প্রযোজ্য। এই সূত্রে বলা হইয়াছে যে, **কোন কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ ও তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের গুণফল স্থির এবং ইহার পরিমাণ মোটামুটি 6·4 হইয়া থাকে।** এই গুণফলকে মৌলের **পারমাণবিক-তাপ** বলা হয়।

সুতরাং **পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ = 6·4**

অথবা পারমাণবিক গুরুত্ব = $\frac{6·4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$।

এই পদ্ধতিতে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ভুলভাবে পাওয়া যায় না—শুধু মোটামুটিভাবে পাওয়া যায়।

উদাহরণ। কোন মৌলের 0·122 আপেক্ষিক তাপ হইলে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

আমরা জানি যে,

পারমাণবিক গুরুত্ব = $\frac{6·4}{0·122}$ = 52·46

(৩) **মিশার্লিকের সমাকৃতিত্ব সূত্রের** (**Mitscherlich's Law of Isomorphism**) **প্রয়োগ** ঃ 1819 খৃষ্টাব্দে মিশার্লিক এই সূত্র আবিষ্কার করেন।

কঠিন পদার্থ প্রায়ই কেলাসিত অবস্থায় (Crystalline state) থাকে। বিভিন্ন পদার্থের কেলাসগুলির আকৃতি সাধারণতঃ ভিন্ন। উহাদিগকে সাত শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। কিন্তু বিভিন্ন মৌলের যৌগগুলির কেলাস ভিন্ন ভিন্ন শ্রেণীর অন্তর্গত হইলেও কোন কোন সময়ে একাধিক মৌলের কোন কোন যৌগের কেলাসের আকৃতি একই প্রকারের হইতে দেখা যায়। তখন এইরূপ এক প্রকারের আকৃতিসম্পন্ন ভিন্ন ভিন্ন কেলাসকে **সমাকৃতি কেলাস** (**Isomorphous**) বলে, এবং যে গুণের প্রভাবে ইহা সম্ভব হয় তাহাকে **সমাকৃতিত্ব** (**Isomorphism**) বলে। নিম্নোক্ত তিনটি বিশিষ্ট গুণ দ্বারা বুঝা যায় দুইটি বিভিন্ন কেলাসের মধ্যে সমাকৃতিত্ব বিদ্যমান কিনা ঃ

(ক) **যুক্ত বা মিশ্র কেলাস গঠন** (**Formation of mixed crystals**) ঃ উহাদের মিশ্র-দ্রবকে কেলাসিত করিলে যদি প্রতিটি কেলাস উহাদের যুক্ত অণুর দ্বারা গঠিত হয়, তবে বুঝিতে হইবে যে উহারা সমাকৃতিত্ব সম্পন্ন।

(খ) **সমাকৃতিক আয়তন-বৃদ্ধি** (**Isomorphous overgrowth**) ঃ উহাদের একটিকে অপরটির সংপৃক্ত দ্রবে রাখিলে যদি অপরটির অণুর প্রলেপ দ্বারা প্রথমোক্তটির আয়তন বৃদ্ধি পায়, তবে বুঝিতে হইবে যে উহাদের মধ্যে সমাকৃতিত্ব বিদ্যমান।

(গ) **কেলাসীয় আকৃতিক সাদৃশ্য** (**Similarity of crystalline form**) ঃ যন্ত্র-সাহায্যে নিরীক্ষণ করিলে অন্ততঃ তাহাদের জ্যামিতিক ধ্রুবকগুলি (Geometrical constants) সমান পরিলক্ষিত হইবে—অর্থাৎ তাহাদের পৃষ্ঠতলের সংখ্যা এবং অনুরূপ কোণগুলি সমান থাকিবে।

উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে, জিঙ্ক সালফেট ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেটের মিশ্রের দ্রব হইতে যে কেলাস পাওয়া যায় তাহাব প্রত্যেকটি উভয় অণুর দ্বারা যুক্তভাবে গঠিত। উহাদের একটি কেলাসকে যদি অপরের সংপৃক্ত দ্রবে রাখা হয় তবে সেটির আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া থাকে এবং উভয়ের মধ্যে কেলাসীয় সাদৃশ্য বিদ্যমান। সুতরাং উহারা উভয়ে সমাকৃতিত্ব সম্পন্ন।

সঙ্কেতসহ এইরূপ সমাকৃতিত্ব সম্পন্ন কতকগুলি যুগ্ম কেলাসের নাম নিম্নে প্রদত্ত হইল—

১। পটাসিয়ম সালফেট (K_2SO_4) ও পটাসিয়ম সিলিনেট (K_2SeO_4)

২। জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4, 7H_2O$) ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেট ($MgSO_4$, $7H_2O$)

৩। পটাসিয়ম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট (KH_2PO_4, H_2O) ও পটাসিয়ম ডাই-হাইড্রোজেন আর্সেনেট (KH_2AsO_4, H_2O)

৪। পটাস অ্যালাম [$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$] ও ক্রোম অ্যালাম [$K_2SO_4, Cr_2 (SO_4)_3$ $24H_2O$]

৫। সিলভার সালফাইড (Ag_2S) ও কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S)

উপরোক্ত যুগ্ম সংকেতগুলিতে মোট পরমাণর সংখ্যা সমান এবং ঐ পরমাণুগুলি একইভাবে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত।

মিশার্লিক এই সমস্ত লক্ষ্য করিয়া তাহার সূত্রে বলিয়াছেন যে, **সমসংখ্যক বিভিন্ন পরমাণু সমভাবে সংযোজিত হইয়া কেলাস উৎপাদিত করিলে কেলাসগুলি সমাকৃতি হয়**; অর্থাৎ কেলাসিত আকৃতি পরিবর্তিত না করিয়া যদি কোন মৌল অপর কোন মৌলকে তাহার যৌগ হইতে বিযুক্ত করে তবে একটি পরমাণু অপর একটি পরমাণুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহার অর্থ এই যে যদি w_1 গ্রাম ওজনের কোন মৌল w_2 গ্রাম ওজনের অপর একটি মৌলকে এইভাবে তাহার যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে এবং যদি m_1 ও m_2 যথাক্রমে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব হয় তবে,

$$\frac{\frac{w_1}{m_1}}{\frac{w_2}{m_2}} = 1$$

অথবা, $\frac{w_1}{w_2} = \frac{m_1}{m_2}$

অথবা, $m_1 = \frac{w_1}{w_2} \times m_2$

সুতরাং w_1, w_2 ও m_2র মান জানা থাকিলে m_1এর মান হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

উদাহরণ। জিঙ্ক সালফেট ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেট সমাকৃতিত্ব সম্পন্ন। এই দুইটি লবণে দস্তা এবং ম্যাগনেসিয়মের শতকরা হার যথাক্রমে 40·5 ও 19·6। দস্তার পারমাণবিক গুরুত্ব 65 হইলে ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

জিঙ্ক সালফেটে সালফেটের শতকরা হার $=(100-40\cdot5)=59\cdot5$

এবং ম্যাগনেসিয়ম সালফেটে সালফেটের শতকরা হার $=(100-19\cdot6)=80\cdot4$

সুতরাং পরিমাণীয় 59·5 ভাগ সালফেটের সহিত যুক্ত ম্যাগনেসিয়মের ভাগ

$$=\frac{19\cdot6}{80\cdot6}\times59\cdot5=14\cdot5$$

সুতরাং সমাকৃতিত্ব সূত্রানুসারে

$$\frac{\text{ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{দস্তার পারমাণবিক গুরুত্ব}}=\frac{14\cdot5}{40\cdot5}$$

$\therefore$ ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব $=\frac{14\cdot5}{40\cdot5}\times65=23\cdot3$

(8) **পর্যায় সারণীর (Periodic Table) ব্যবহার :** পর্যায় সারণীর সাহায্যেও কোন কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানা গিয়াছে। কিন্তু ইহা উচ্চতর মাধ্যমিক পাঠ্য-তালিকার অন্তর্ভুক্ত নহে।

প্রশ্নমালা

১। পারমাণবিক গুরুত্ব, তুল্যাঙ্কভার ও যোজ্যতার মধ্যে সম্বন্ধ প্রতিষ্ঠিত কর।

২। এক গ্রাম ওজনের একটি ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় 1242 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপাদিত কর। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·238 হইলে উহার নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

$$\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার}=\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{1}{1242\times0\cdot000047}=9\cdot09$$

'ডিউলং ও পেটিট'-এর সূত্রানুসারে

$$\text{ধাতুর মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব}=\frac{6\cdot4}{0\cdot238}=27\cdot8$$

$\therefore$ যোজ্যতা $=\frac{27\cdot8}{9\cdot09}=3\cdot05=3$ (কারণ ইহা অপূর্ণ সংখ্যা হইতে পারে না)।

$\therefore$ নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব $=9\cdot09\times3=27\cdot27$

৩। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে ক্লোরিণের শতকরা হার 23·6 হইলে ও ঐ ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·055 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? [114·46]

৪। 0·49 গ্রাম ওজনের কোন ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 22°C এ এবং 752 এম. এম. চাপে 295 সি. সি. অনার্দ্র হাইড্রোজেন উৎপাদিত করে। উহার আপেক্ষিক তাপ 0·152 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? [40·76]

৫। একটি ধাতব অক্সাইডের শতকরা 30 ভাগ অক্সিজেন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·114 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? [56·01]

৬। 'ডিউলং ও পেটিট্' সূত্র বর্ণনা কর। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 47·22 ভাগ ধাতু আছে। ইহার আপেক্ষিক তাপ 0·094 হইলে ইহার নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? (ক্লোরিণের পারমাণবিক গুরুত্ব=35·5) [63·52]

৭। 0·198 যদি কোন ধাতুর আপেক্ষিক তাপ হয় তবে তাহার সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? [32·82]

৮। সমাকৃতিত্ব কাহাকে বলে ? ইহার উদাহরণ দাও এবং ইহা হইতে কি সিদ্ধান্ত পাওয়া গিয়াছে তাহা বর্ণনা কর।

৯। মিশার্লিকের সমাকৃতিত্ব সূত্র বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর।

১০। $KClO_4$ এর সহিত পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) সমাকৃতি। $KMnO_4$এ ম্যাঙ্গানিজের শতকরা হার 34·81। ম্যাঙ্গানিজের সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? [55]

১১। কোন ধাতুর সালফেট, জিঙ্ক সালফেটের ($ZnSO_4, 7H_2O$) সহিত সমাকৃতি। ইহার 0·3167 গ্রাম, সিলভার নাইট্রেটের দ্রব হইতে 1·045 গ্রাম রৌপ্যকে অধঃক্ষিপ্ত করে। ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? (রৌপ্যের পারমাণবিক গুরুত্ব ও যোজ্যতা যথাক্রমে 107·88 ও 1)। [65·42]

দ্বাদশ অধ্যায়

পারিভাষিক নামমালা (Nomenclature) ও শব্দাবলী (Terminology):

অম্ল বা অ্যাসিড (Acid), ক্ষারক (Base) ও লবণ (Salt)

মৌলের নাম ঃ—মৌলের নামকরণে কোন প্রকার বৈজ্ঞানিক নিয়ম অবলম্বন করা হয় নাই। কোন কোন মৌলের ক্ষেত্রে তাহার নাম তাহার কোন একটি বিশেষ গুণসূচক। যেমন, হাইড্রোজেন (জল উৎপাদক), অক্সিজেন (অম্ল বা অ্যাসিড উৎপাদক), নাইট্রোজেন (শোরা উৎপাদক)। এই সমস্ত অধাতুর নামের শেষে 'এন' যোগ করা হইয়াছে। ক্লোরিণ (হরিতাভ-পীত বর্ণ), ব্রোমিন (মন্দ গন্ধ)—এই সমস্ত অধাতুর নামের শেষে 'ইন্' যোগ করা হইয়াছে। সাধারণতঃ ধাতুর নামের শেষে 'অম্' থাকে—যেমন, সোডিয়ম, পটাসিয়ম ইত্যাদি।

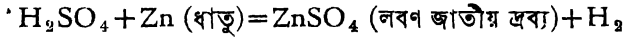
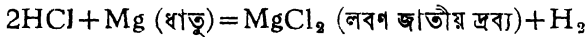
যৌগের নাম ঃ—একাধিক মৌলের সংযোজনায় যৌগের সৃষ্টি হয়। যখন মাত্র দুইটি মৌলের দ্বারা যৌগ গঠিত হয় তখন তাহাকে **দ্বি-যৌগ** (Binary compound) বলে। ইহাদের নামের শেষে 'আইড' থাকে এবং দুইটি মৌলের নামই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। দুইটির মধ্যে একটি ধাতু বা পরা বিদ্যুৎধর্মী হইলে তাহার নাম প্রথমে ব্যবহৃত হয়। যেমন, কপার অক্সাইড (CuO), হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2)। কিন্তু অ্যামোনিয়া (NH_3) এই নিয়মের একটি ব্যতিক্রম। আবার যোগের দুইটি মৌলই যদি অধাতু বা অপরা বিদ্যুৎধর্মী হয় তবে যেটি অধিকতর অপরা বিদ্যুৎধর্মী সেইটি পরে ব্যবহৃত হয়।

পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য অনেক সময়ে মৌলের নামের, পূর্বে মনো (Mono), ডাই (Di), ট্রাই (Tri), টেট্রা (Tetra) ও পেণ্টা (Penta) ব্যবহৃত হয়। যেমন, কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ট্রাই অক্সাইড (SO_3), নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4), কারবন ডাই-সালফাইড (CS_2), ইত্যাদি।

অভিন্ন একাধিক মৌলের দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠিত হইলে যেটিতে ধাতুর পরিমাণ বেশী থাকে তাহাতে ধাতুর নামের সহিত 'আস্' যোগ করিতে হয় এবং যেটিতে ধাতুর পরিমাণ কম থাকে তাহাতে ধাতুর নামের সহিত 'ইক্' যোগ করিতে হয়। যেমন, কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) ও কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO), ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) ও ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$).

কোন মৌল বা মূলকের সহিত হাইড্রক্সিল-মূলক (OH) থাকিলে নামের শেষে হাইড্রক্সাইড যোগ করিতে হয়। যেমন, সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH), পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড (KOH), অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH).

অম্ল বা অ্যাসিড (Acid) :—অ্যাসিড মাত্রই হাইড্রোজেনের যৌগ যাহার অণুতে এমন একটি বা একাধিক হাইড্রোজেনের পরমাণু বিদ্যমান যাহা সম্পূর্ণরূপে বা আংশিকভাবে ধাতব-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ জাতীয় দ্রব্য উৎপাদিত করে। ইহার স্বাদ টক এবং ইহা নীল লিটমস দ্রবকে লাল রংএ পরিবর্তিত করে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)।

$$2HCl + Mg \text{ (ধাতু)} = MgCl_2 \text{ (লবণ জাতীয় দ্রব্য)} + H_2$$
$$H_2SO_4 + Zn \text{ (ধাতু)} = ZnSO_4 \text{ (লবণ জাতীয় দ্রব্য)} + H_2$$

কিন্তু কোন যৌগের হাইড্রোজেন যদি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত না হয় বা উহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলেও যদি লবণ প্রস্তুত না হয়, তবে উহা হাইড্রোজেনের যৌগ হইলেও অ্যাসিড নহে। যেমন মিথেন বা মার্শ গ্যাসের (CH_4) অণুতে 4টি হাইড্রোজেনের পরমাণু থাকিলেও উহারা ধাতব-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় নহে। জলের হাইড্রোজেন সোডিয়ম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হইলেও উহা দ্বারা লবণ উৎপাদিত হয় না। সুতরাং মিথেন ও জল অ্যাসিড জাতীয় দ্রব্য নহে।

অ্যাসিডসমূহকে **হাইড্রাসিড (Hydracid)** ও **অক্সি-অ্যাসিড (Oxy-acid)**—এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। যে অ্যাসিড দ্বি-যৌগিক ও যাহাতে অক্সিজেন ভিন্ন আর একটি অধাতু আছে তাহাকে **হাইড্রাসিড** বলে। সুতরাং এরূপ অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন-পরমাণু সম্পূর্ণরূপে অবর্তমান থাকিবে। এই শ্রেণীর অ্যাসিডের নামের প্রারম্ভে 'হাইড্রো'ও শেষে 'ইক্' থাকে—যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)।

কিন্তু যে অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন-পরমাণু বিদ্যমান তাহাকে অক্সি-অ্যাসিড বলে। যেমন, নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)। অক্সি-অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন-পরমাণুর অনুপাত বেশী থাকিলে নামের শেষে 'ইক্' ও কম থাকিলে নামের শেষে 'আস' যোগ করিতে হয়। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ও সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3); নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ও নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)।

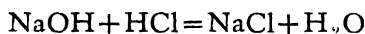
অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা (**Basicity of an acid**) ঃ—অ্যাসিডের ক্ষারক জাতীয় দ্রব্য প্রশমিত করিবার (neutralising) ক্ষমতাকে তাহার **ক্ষারগ্রাহিতা** বলে এবং ইহার অণুতে যে কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকে তাহাদ্বারা ইহা মাপা হয়। যখন কোন অ্যাসিডের অণুতে মাত্র একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকে তখন ইহাকে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড বা ইহার ক্ষার-গ্রাহিতাকে এক বলা হয়—যেমন, HCl। অ্যাসিডের 2টি এবং 3টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকিলে তাহাকে যথাক্রমে দ্বি-ক্ষারী এবং ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড বলে, অথবা ইহার ক্ষারগ্রাহিতাকে দুই বা তিন বলে। যেমন, H_2SO_4 দ্বি-ক্ষারী ও H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড।

ক্ষারক (**Base**) ঃ—যে যৌগ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ জাতীয় দ্রব্য ও জল উৎপাদিত করে তাহাকে **ক্ষারক** (Base) বলে। ধাতব মৌলের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডসমূহের এই গুণ থাকায় তাহারা এই শ্রেণীর অন্তর্গত। যেমন, সোডিয়ম মন-অক্সাইড (Na_2O), সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH), বাখারি চুন (CaO), কলি চুন [$Ca(OH)_2$], ইত্যাদি। অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ধাতব হাইড্রক্সাইড না হইলেও এই শ্রেণীর অন্তর্গত, কারণ অ্যামোনিয়ম-মূলক (NH_4) ধাতব-পরমাণুর ন্যায় ক্রিয়া করিয়া থাকে। অ্যামোনিয়া (NH_3), ফসফিন্ (PH_3) ও অ্যামোনিয়ার সহিত সম্বন্ধযুক্ত অ্যামিন জাতীয় কতকগুলি জৈব পদার্থ অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড না হইলেও ইহাদিগকে ক্ষারক বলা হয়, কারণ ইহারা অ্যাসিড সহযোগে লবণ জাতীয় দ্রব্য উৎপাদন করে।

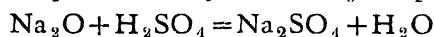
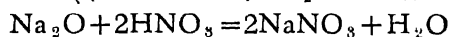
ক্ষার (**Alkali**) ঃ—জলে দ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইডকে **ক্ষার** বলে। যেমন, সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH), পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড (KOH), কলিচুন বা ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$]। ক্ষারের জলীয় দ্রব স্পর্শে সাবান সদৃশ ; ইহা লাল লিটমস দ্রবকে নীল বর্ণে পরিবর্তিত করে।

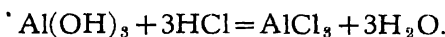
ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা (**Acidity of a base**) ঃ—ক্ষারকের অ্যাসিড প্রশমিত করিবার ক্ষমতাকে তাহার **অম্লগ্রাহিতা** বলে এবং ইহার এক অণু প্রশমিত করিতে যে কয়টি এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের অণুর প্রয়োজন তাহা দ্বারা ইহা মাপ করা হয়। অন্যভাবে বলা যাইতে পারে যে, ক্ষারকের অণুতে অবস্থিত ধাতব অংশ দ্বারা বা ধাতব-গুণযুক্ত মূলক দ্বারা অ্যাসিডের যে কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় তাহা দ্বারা তাহার অম্লগ্রাহিতা মাপা হয়। যদি ইহার একটি অণু প্রশমিত করিতে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের এক অণুর প্রয়োজন হয়, তবে ইহাকে এক-অম্লিক ক্ষারক বলে অথবা ইহার অম্লগ্রাহিতাকে এক বলে। যেমন,

সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH) ; ইহার একটি অণু নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে প্রশমিত হয় :

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

কিন্তু যখন কোন ক্ষারকের অণু প্রশমিত করিতে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের দুইটি অণুর প্রয়োজন বা ইহার অণুর ধাতব অংশ অ্যাসিডের দুইটি হাইড্রোজেন-অণুকে প্রতিস্থাপিত করে তখন ইহাকে দ্বি-আম্লিক ক্ষারক বলে, অথবা ইহার অম্লগ্রাহিতাকে দুই বলে। যেমন, Na_2O দ্বি-আম্লিক।

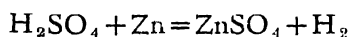
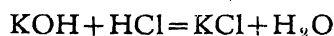
$$Na_2O + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + H_2O$$

$$Na_2O + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O$$

অনুরূপভাবে বলা যাইতে পারে যে অ্যালুমিনিয়ম হাইড্রক্সাইড $Al(OH)_3$ ত্রি-আম্লিক।

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O.$$

লবণ (**Salt**) :—কোন অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগ উৎপাদিত হয় তাহাকে **লবণ** বলে। অন্যভাবে বলা যাইতে পারে যে, অ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পরের দ্বারা প্রশমিত হইলে জল ভিন্ন অন্য যে যৌগটি উৎপাদিত হয় তাহাকে লবণ বলে। যেমন,

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$$

লবণ

$$KOH + HCl = KCl + H_2O$$

লবণ জল

লবণ কেলাসিত ও কঠিন অবস্থায় থাকে। ইহা গলিত ও জলে দ্রবীভূত অবস্থায় ভাল বিদ্যুৎপরিবাহী।

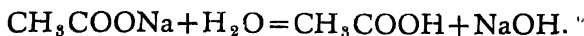
লবণ তিন শ্রেণীর—যথা, পূর্ণ লবণ (Normal salt), অম্ল লবণ (Acid salt) ও ক্ষার লবণ (Basic salt)। যখন কোন অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন ধাতুদ্বারা সম্পূর্ণরূপে বিযুক্ত হয় তখন যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে **পূর্ণ লবণ** বলে। যেমন, HCl হইতে NaCl এবং H_2SO_4 হইতে Na_2SO_4 প্রস্তুত হয়। অতএব এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড হইতে সর্বদাই পূর্ণ লবণ উৎপন্ন হয়।

কোন অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে **অম্ল লবণ** বলে। সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড প্রভৃতি দ্বি ও ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিডের হাইড্রোজেনের আংশিক প্রতিস্থাপন দ্বারা অম্ললবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। সোডিয়ম হাইড্রোজেন সালফেট বা সোডিয়ম

বাই-সালফেট, ($NaHSO_4$) একটি অম্ললবণ, কারণ সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুর (H_2SO_4) 2টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণুর একটির বিযুক্তিদ্বারা ইহা প্রস্তুত হইয়াছে।

পূর্ণ লবণ প্রস্তুত হইতে যে পরিমাণ ক্ষারক দরকার, তাহা হইতে অধিক পরিমাণ ক্ষারকের সহিত কোন অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে **ক্ষার লবণ বলে।** যেমন ক্ষারীয় কপার কারবনেট ($CuCO_3$,) $Cu(OH)_2$। কোন ক্ষার-অণুর হাইড্রক্সিল-মূলক (OH) আংশিকভাবে SO_4, NO_3 প্রভৃতি অম্লীয়-মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলেও ক্ষার লবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। যেমন $Pb(OH)_2$ হইতে ক্ষারীয় লেড নাইট্রেট $Pb(OH)\ NO_3$ প্রস্তুত হয়।

কোন কোন শ্রেণীর লবণ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় আংশিকভাবে জলের সহিত বিক্রিয়া করে। এরূপ বিক্রিয়াকে **আর্দ্র-বিশ্লেষ (Hydrolysis)** বলে। যে অ্যাসিড ও ক্ষারকের মধ্যে প্রশমনের ফলে লবণ প্রস্তুত হয়, তাহাদের মধ্যে একটি বা উভয়েই যদি ক্ষীণ জাতীয় (Weak) হয় তবেই আর্দ্র-বিশ্লেষ সংঘটিত হয়। হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক, সালফিউরিক প্রভৃতি খনিজ (Mineral) অ্যাসিড এবং সোডিয়ম, পটাসিয়ম, ক্যালসিয়মের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডকে যথাক্রমে তীক্ষ্ণ অ্যাসিড ও তীক্ষ্ণ ক্ষারক বলে। এ ভিন্ন অন্য সমস্ত অ্যাসিড ও ক্ষারককে ক্ষীণ অ্যাসিড ও ক্ষীণ ক্ষারক বলে। ফরমিক, অ্যাসেটিক, সাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি জৈব অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়া, যথাক্রমে ক্ষীণ অ্যাসিড ও ক্ষীণ ক্ষারক। আর্দ্র-বিশ্লেষের ফলে মূল অ্যাসিড ও ক্ষারক উৎপন্ন হইয়া থাকে। নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা একটি আর্দ্র-বিশ্লেষ ব্যক্ত করা হইল :

$$CH_3COONa + H_2O = CH_3COOH + NaOH.$$

প্রশ্নমালা

১। অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের সংজ্ঞা নির্দেশ কর। উহাদের বৈশিষ্ট্য-সূচক কি কি গুণ আছে? প্রত্যেক শ্রেণীর একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

২। লবণ জাতীয় পদার্থের কি করিয়া শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে? নিম্নোক্ত লবণগুলির কোন্‌টি কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত তাহা লিখ: কপার ক্লোরাইড, সোডিয়ম বাই-কারবনেট ($NaHCO_3$) পটাসিয়ম বাই-সালফাইট ($KHSO_3$) ও সোডিয়ম নাইট্রেট।

৩। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা কাহাকে বলে? নিম্নোক্ত অ্যাসিডগুলির যুক্তিসহ ক্ষারগ্রাহিতা নির্ণয় কর: নাইট্রিক অ্যাসিড, কারবনিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফসফরিক অ্যাসিড।

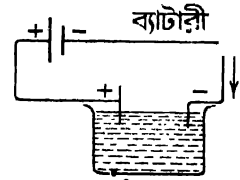
৪। ক্ষার লবণ কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

তড়িদ্‌ বিশ্লেষণ (Electrolysis)

দৈনন্দিন জীবনের ও পরীক্ষাগারের অভিজ্ঞতা হইতে আমরা অনেকেই জানি যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ সকল বস্তুর মধ্যদিয়া পরিচালিত হয় না। যেমন, তাম্র, পারদ, রৌপ্য প্রভৃতি ধাতুর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ অতি সহজে পরিবাহিত হয়। আবার অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ জাতীয় দ্রব্য গলিত অবস্থায় বা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহনে সক্ষম। কিন্তু কঠিন অবস্থায় ইহাদের মধ্যদিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পরিবাহিত হয় না। কয়লা, গন্ধক, রবার, শুষ্ক কাঠ প্রভৃতি অনেক বস্তুর মধ্য দিয়াও বিদ্যুৎ পরিচালিত করা সম্ভব নহে। সুতরাং বিদ্যুৎ-পরিবহন ক্ষমতার বিচারে বস্তু-নিচয়কে দুইভাগে ভাগ করা যায়। যাহাদের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিবাহিত হয় তাহাদিগকে **বিদ্যুৎ-পরিবাহী** (**Conductor of electricity**) বলে, আর যাহাদের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিবাহিত হয় না তাহাদিগকে **বিদ্যুৎ-অপরিবাহী** (**Non-conductor of electricity**) বলে।

বিদ্যুৎ-পরিবাহীদিগকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। (১) কতকগুলি বিদ্যুৎ-পরিবাহীর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-পরিবহন কালে কোনরূপ বস্তুচলাচল হয় না বা উহাদের কোন রাসায়নিক রূপান্তর হয় না। বিদ্যুৎ-পরিবহন কালে ইহারা কতকগুলি নূতন গুণ প্রাপ্ত হইয়া থাকে যাহা বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ হইবার পর নষ্ট হইয়া যায়। সমস্ত ধাতু এই শ্রেণীর অন্তর্গত। (২) কিন্তু গলিত ও জলে দ্রবীভূত অবস্থায় অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-পরিবহনের সময় বস্তুচলাচল হইয়া থাকে, এবং ইহাদের রাসায়নিক বিক্রিয়াও হইয়া থাকে। ইহাদিগকে এবং ইহাদের জলীয় দ্রবকে **তড়িদ্‌ বিশ্লেষ্য** (**Electrolyte**) বলে।

কোন তড়িদ্‌ বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিতে হইলে উহাকে কোন পাত্রে রাখিয়া উহার মধ্যে ধাতুর বা বিদ্যুৎ-পরিবাহী অধাতুর দুইটি খণ্ড আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখিতে হয়, এবং উহাদিগকে সাধারণতঃ দুইটি তামার তারের সাহায্যে কোন বিদ্যুৎ-কোষ (Cell) বা ব্যাটারীরূপ (Battery) বিদ্যুৎ-প্রবাহ উৎপাদন কেন্দ্রের পরা (Positive) ও অপরা (Negative) মেরুর সহিত সংযুক্ত করিতে হয় (চিত্র—২১)।

ব্যাটারী

চিত্র—২১

এইরূপ যে দুইটি বস্তুখণ্ডের সাহায্য লইতে হয় তাহাদিগকে **তড়িৎ-দ্বার** (**Electrode**) বলে। যে তড়িৎ-দ্বারটি ব্যাটারী বা বিদ্যুৎ-

কোষের পরা মেরুর সহিত যুক্ত থাকে তাহাকে **অ্যানোড** (Anode) বলে এবং যে দ্বারটি অপরা মেরুর সহিত সংলগ্ন থাকে তাহাকে **ক্যাথোড** (Cathode) বলে। এইবার বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে দুইটি তড়িৎ-দ্বারের নিমগ্ন অংশের উপরেই রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে থাকে। কিন্তু তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের অন্য কোন অংশে কোনরূপ বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না। তড়িদ্-দ্বার সংলগ্ন এবং বিদ্যুৎ প্রভাবোদ্ভূত এইরূপ বিক্রয়াকে **তড়িদ্-বিশ্লেষণ** (Electrolysis) বলে। কোন কোন সময়ে দুইটি তড়িৎ-দ্বারেই বিক্রিয়া প্রত্যক্ষ করা যায়। আবার কোন কোন সময়ে মাত্র একটি তড়িৎ-দ্বারে বিক্রিয়া লক্ষ্য করা যায়; অন্যটির উপরের বিক্রিয়া অপ্রত্যক্ষ থাকিয়া যায়। তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত হইবার সময়ে বস্তুচলাচল সাধারণতঃ প্রত্যক্ষভাবে দেখিতে পাওয়া না গেলেও পরীক্ষাদ্বারা এরূপ বস্তুচলাচল প্রমাণিত হইয়াছে এবং কোন কোন বিশেষ বন্দোবস্ত দ্বারা প্রত্যক্ষীভূত হইয়াছে।

তড়িদ্-বিয়োজনবাদ (Theory of Electrolytic Dissociation) : 1887 খৃষ্টাব্দে সুইডেনের বিখ্যাত রসায়নবিদ আর্হেনিয়স (Arrhenius) তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যার জন্য তাঁহার তড়িদ্-বিয়োজনবাদ প্রবর্তিত করেন। তাঁহার মতে গলিত বা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের অণুসমূহের একাংশ বিয়োজিত হইয়া পড়ে। এইরূপ বিয়োজিত প্রত্যেকটি অণু বিদ্যুৎযুক্ত দুই শ্রেণীর ক্ষুদ্রতর কণিকায় বিভক্ত হয়। উহাদের একশ্রেণীর প্রত্যেকটি কণিকা পরা (+) বিদ্যুৎযুক্ত থাকে এবং অপর শ্রেণীর প্রত্যেকটি কণিকা অপরা (−) বিদ্যুৎযুক্ত থাকে। এইরূপ বিদ্যুৎযুক্ত কণিকাকে আয়ন (Ion) বলে। পরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নকে **ক্যাটায়ন** (Cation) এবং অপরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নকে **অ্যানায়ন** (Anion) বলে। বিপরীত বিদ্যুৎযুক্ত এই দুই শ্রেণীর আয়ন একসঙ্গে এরূপ সংখ্যায় উৎপন্ন হয় যে মোট পরা বিদ্যুতের পরিমাণ সর্বদাই মোট অপরা বিদ্যুতের পরিমাণের সমান—যাহার ফলে গলিত ও দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িদ্ বিশ্লেষ্যও সামগ্রিকভাবে তড়িৎ উদাসীন থাকে। পদার্থের তড়িৎ উদাসীন অণুর এইরূপ বিপরীত বিদ্যুৎযুক্ত আয়নে পরিণত হওয়াকে **তড়িদ্ বিয়োজন** (**Electrolytic Dissociation**) বলে।

তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিবহনে শুধু আয়নেরাই অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে; তড়িদ্ উদাসীন অণুসমূহ শুধু দর্শকরূপেই বিদ্যমান থাকে, বিদুৎ-প্রবাহ পরিবহনে তাহারা কোন অংশ গ্রহণ করে না।

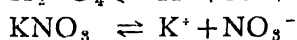
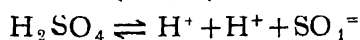
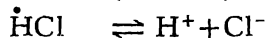
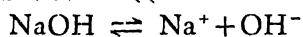
দ্রবের অধিকতর লঘুকরণে তড়িদ্ বিয়োজনের শতকরা হার বাড়িতে থাকে এবং অবশেষে উহা (দ্রব) এমন লঘু অবস্থা প্রাপ্ত হয় যে তখন তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ

উদাসীন অণু আর অবশিষ্ট থাকে না,—উহা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত অবস্থায় থাকে। এইরূপ লঘু অবস্থাকে **পূর্ণ লঘু অবস্থা** (Infinite dilution) বলে।

বিদ্যুৎযুক্ত আয়নের গুণ বিদ্যুৎ উদাসীন পরমাণুর গুণ হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন। যেমন সোডিয়ম-পরমাণু জলের সংস্পর্শে আসিবামাত্র উহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। কিন্তু এই পরমাণু যখন পরা বিদ্যুৎযুক্ত হইয়া সোডিয়ম আয়নে পরিণত হয় তখন এই আয়ন নিরাপদে যে-কোন সময়ব্যাপী জলমধ্যে অবস্থান করিতে পারে।

পূর্বেই উক্ত হইয়াছে যে উত্তাপ বা জলীয় দ্রাবকের প্রভাবে তড়িদ্ বিশ্লেষ্যগুলি আয়নিত অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কিন্তু যখন ইহা হইতে উত্তাপ ও জল অপসারণ করা হয় তখন অণু হইতে সৃষ্ট আয়নগুলি পরস্পর সংযুক্ত হইয়া পুনরায় অণুতে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং বিয়োজন ক্রিয়াকে **বিপরীতমুখী বিক্রিয়া** (Reversible Reaction) বলে এবং ইহাকে সমীকরণ দ্বারা ব্যক্ত করিতে হইলে সমীকরণ মধ্যস্থিত সমান চিহ্নের (=) স্থানে দুইটি তীর ($\rightleftarrows$) বা দুইটি অর্ধতীর ($\rightleftharpoons$) বসাইতে হয়। যেমন, $NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^-$ অথবা $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$

এখানে Na^+ সোডিয়ম আয়নের প্রতীক। ইহাদ্বারা ব্যক্ত হইয়াছে যে সোডিয়মের বিদ্যুৎ উদাসীন পরমাণু Na হইতে ইলেকট্রন (Electron) নামক একটি অপরা বিদ্যুৎ একক অপসারিত হইয়াছে। সেইরূপ Cl^- ক্লোরাইড আয়নের প্রতীক। ইহা দ্বারা ব্যক্ত হইয়াছে যে বিদ্যুৎ উদাসীন ক্লোরিণ-পরমাণুর সহিত একটি ইলেকট্রন যুক্ত হইয়াছে। শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য নিম্নে কয়েকটি তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন সমীকরণের মাধ্যমে দেওয়া হইল :

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + H^+ + SO_4^{=}$$
$$KNO_3 \rightleftharpoons K^+ + NO_3^-$$

তড়িদ্ পরিবাহিতা ও তড়িদ্ বিশ্লেষণের আয়নায় ব্যাখ্যা : গলিত বা দ্রবীভূত তড়িদ্ বিশ্লেষ্যের মধ্যে আংশিক নিমগ্ন তড়িৎ-দ্বার দুইটিকে যখন তড়িদ্‌কোষ কিংবা ব্যাটারীর পরা ও অপরা মেরুর সহিত বিদ্যুৎ-পরিবাহী ধাতব তার দ্বারা যুক্ত করা হয়, তখন বৈদ্যুতিক আকর্ষণের ফলে পরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নসমূহ অপরা বিদ্যুৎযুক্ত ইলেকট্রন পূর্ণ ক্যাথোডের দিকে এবং অপরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নসমূহ ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন পরা বিদ্যুৎযুক্ত অ্যানোডের দিকে পরিচালিত হয়। এইজন্যই পরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নকে **ক্যাটায়ন** ও অপরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নকে **অ্যানায়ন** বলে। তড়িদ বিশ্লেষ্যের অণু হইতে উদ্ভূত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের, বৈদ্যুতিক শক্তির প্রভাবে,

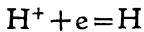
এইরূপ বিপরীত দিকে চলাচলের গুণকেই তাহার **বিদ্যুৎ পরিবাহিতা** (**Electrical conductivity**) বলে।

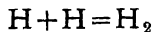
প্রত্যেকটি ক্যাটায়ন অত্যধিক ইলেক্ট্রন যুক্ত ক্যাথোডের সংস্পর্শে আসামাত্রই তাহার একটি বা একাধিক হারানো ইলেকট্রনকে অধিকার করে এবং বিদ্যুৎ উদাসীন পরমাণুতে পরিণত হয়। তাহার পর একাধিক পরমাণু পরস্পর সংযুক্ত হইয়া বৃহত্তর কণিকায় পরিবর্তিত হয় অথবা ক্যাথোড, জল বা অ্যানায়ন হইতে উৎপন্ন পদার্থের সহিত গৌণ বিক্রিয়া করিয়া অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয়। অপর দিকে একই সময়ে ইলেক্ট্রন বুভুক্ষু অ্যানোডের সংস্পর্শে আসামাত্র প্রতিটি অ্যানায়ন তাহার অতিরিক্ত ইলেক্ট্রন অ্যানোডকে দান করিয়া প্রথমে বিদ্যুৎ উদাসীন পরমাণুতে কিংবা মূলকে পরিণত হয় এবং তারপর ক্যাটায়ন উদ্ভূত পরমাণুর ন্যায় কার্য করিয়া থাকে। ক্যাথোড ও অ্যানোডে একই সময়ে এই প্রকার প্রক্রিয়া ঘটিয়া থাকে এবং ইহাকেই **তড়িদ্ বিশ্লেষণ** বলে।

তড়িদ্-বিয়োজনবাদের সাহায্যে কয়েকটি সাধারণ দ্রব্যের তড়িদ্ বিশ্লেষণের ব্যাখ্যা ঃ

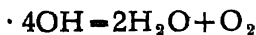
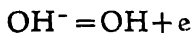
(১) **জলের তড়িদ্ বিশ্লেষণ ঃ** জল বিদ্যুৎ-অপরিবাহী নহে, কিন্তু অত্যন্ত মন্দ পরিবাহী। স্বাভাবিক অবস্থায় উহার অণুর শতকরা অতি সামান্য অংশই নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন H^+ ও হাইড্রক্সীল আয়ন OH^- সৃষ্টি করে। $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

শুধু জলকে তড়িদ্ বিশ্লেষিত করিবার সময় হাইড্রোজেন আয়ন H^+ ক্যাথোডের দিকে আকর্ষিত হয় এবং তাহাকে স্পর্শ মাত্র তাহা হইতে ইলেক্ট্রন গ্রহণ করিয়া তড়িদ্ উদাসীন হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়।

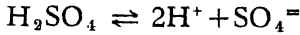
$$H^+ + e = H$$

তারপর দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু পরস্পর যুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোজেন অণুতে রূপান্তরিত হয়।

$$H + H = H_2$$

অপরপক্ষে হাইড্রক্সীল আয়ন অ্যানোডের দিকে আকর্ষিত হয় এবং উহাকে স্পর্শ মাত্র উহাকে নিজের বাড়তি ইলেক্ট্রন দান করিয়া তড়িদ্ উদাসীন হাইড্রক্সীল OH মূলকে পরিণত হয়। কিন্তু মূলকের স্বাধীন সত্তা না থাকায় চারিটি হাইড্রক্সীল মূলক একসঙ্গে পরস্পরের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$OH^- = OH + e$$

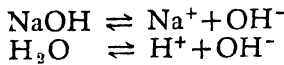
$$4OH = 2H_2O + O_2$$

সুতরাং জলের তড়িদ্ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন্ ও অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্তিলাভ করে। কিন্তু এই বিশ্লেষণের পরিমাণ অত্যন্ত অল্প এবং এই বিশ্লেষণের সময়ে অতি অল্প সময়ের মধ্যে জল অত্যন্ত উত্তপ্ত হইয়া উঠে।

কিন্তু বিশুদ্ধ জলে সামান্য পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে যে অম্লীকৃত জল পাওয়া যায় তাহা ভাল বিদ্যুৎ-পরিবাহী। কারণ সালফিউরিক অ্যাসিড অণু জলের সহিত মেশা মাত্র হাইড্রোজেন আয়ন H^+ ও সালফেট আয়নে $SO_4^{=}$ রূপান্তরিত হয়ঃ

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$$

এখন সালফিউরিক অ্যাসিডের এই অতি লঘু জলীয় দ্রবের ভিতব দিয়া অনুকূল প্ল্যাটিনম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত করিলে জলের সামান্য সংখ্যক এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের বহুসংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন H^+ ক্যাথোডের দিকে ধাবিত হয় এবং তাহা হইতে ইলেকট্রন লইয়া হাইড্রোজেন পরমাণুতে এবং তাহা হইতে হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয়। অপরপক্ষে জলের সামান্য সংখ্যক হাইড্রক্সীল আয়ন OH^- এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের বহুসংখ্যক সালফেট আয়ন $SO_4^{=}$ অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয়। কিন্তু অ্যানোডের দিকে বিদ্যুৎ-পরিবহনে $SO_4^{=}$ আয়ন, OH^- আয়ন অপেক্ষা বেশী অংশ গ্রহণ করিলেও অ্যানোডের সংস্পর্শে আসিয়া তাহাকে ইলেকট্রন দেয় না। এক্ষেত্রে শুধু OH^- আয়নই অ্যানোডকে ইলেকট্রন দিয়া থাকে। সুতরাং অম্লীকৃত জলের তড়িদ্ বিশ্লেষণে আমরা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন পাইয়া থাকি।

(২) জলীয় দ্রবে সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের (NaOH) তড়িদ্ বিশ্লেষণঃ

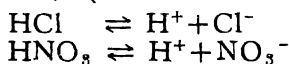
সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবে নিম্নোক্ত বিয়োজন অনুসারে Na^+, H^+ ও OH^- আয়ন বর্তমানঃ

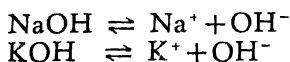
$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

এই দ্রবের ভিতর দিয়া তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত করিলে Na^+ ও H^+ আয়ন ক্যাথোডের দিকে এবং হাইড্রক্সীল আয়ন অ্যানোডের দিকে চালিত হয়। কিন্তু বিদ্যুৎ পরিবহনে Na^+ আয়ন, H^+ আয়ন অপেক্ষা বেশী অংশ গ্রহণ করিলেও ক্যাথোডের সংস্পর্শে আসিয়া উহা হইতে ইলেকট্রন লইতে পারে না, সুতরাং তড়িৎ উদাসীন সোডিয়ম পরমাণুও উৎপন্ন হয় না। শুধু H^+ আয়নই ক্যাথোড হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে পারে, যাহার ফলে অবশেষে হাইড্রোজেন অণু গঠিত হয়।

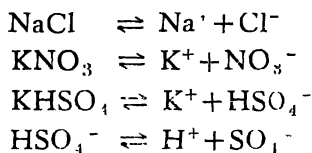
অপরপক্ষে জলও NaOH হইতে উৎপন্ন OH^- আয়নসমূহ অ্যানোডে তাহাদের ইলেকট্রন দান করিয়া জল ও অক্সিজেন অণু উৎপাদন করিয়া থাকে।

তড়িৎ-বিয়োজনবাদের আলোকে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের সংজ্ঞাঃ

(১) **অ্যাসিড** হইল সেই শ্রেণীর দ্রব্য যাহা আয়নিত অবস্থায় পরা বিদ্যুৎযুক্ত শুধুমাত্র H^+ আয়ন উৎপাদন করে। এরূপ পদার্থের তড়িৎ-বিয়োজনে H^+ আয়নের সহিত তুল্যাঙ্ক পরিমাণে বিভিন্ন প্রকার অপরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়নও উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই সমস্ত অপরা বিদ্যুৎযুক্ত বিভিন্ন প্রকার আয়নকে অ্যাসিড আয়ন বলে। যেমন,

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

(২) **ক্ষার** হইল সেই শ্রেণীর দ্রব্য যাহা আয়নিত অবস্থায় OH^- আয়ন ভিন্ন অন্য কোন প্রকার অপরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন উৎপাদন করে না। আয়নিত অবস্থায় ইহা OH^- আয়নের সহিত H^+ বাদে বিভিন্ন প্রকার পরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন উৎপাদন করিয়া থাকে। যেমন,

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^-$$

(৩) **লবণ** হইল সেই শ্রেণীর বস্তু যাহার তড়িৎ বিয়োজিত অবস্থায় H^+ আয়ন ছাড়াও অন্য নানারূপ পরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন এবং OH^- আয়ন ছাড়া অন্য নানা প্রকার অপরা বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন হইয়া থাকে। পূর্ণ লবণ (Normal salt) আয়নিত হইলে H^+ আয়ন ভিন্ন অন্য প্রকার ক্যাটায়ন এবং OH^- ভিন্ন অন্য প্রকার অ্যানায়ন উৎপন্ন হইয়া থাকে :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$
$$KNO_3 \rightleftharpoons K^+ + NO_3^-$$
$$KHSO_4 \rightleftharpoons K^+ + HSO_4^-$$
$$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{-}$$

সুতরাং পটাসিয়ম বাই-সালফেটের ($KHSO_4$) অতি লঘু দ্রবে K^+ আয়ন বাদে H^+ আয়নও বর্তমান। এইজন্যই পটাসিয়ম বাই-সালফেটকে ($KHSO_4$) অ্যাসিড পটাসিয়ম সালফেটও বলা হইয় থাকে। সমস্ত অম্ললবণের অতি লঘু দ্রবে পরা বিদ্যুৎযুক্ত অপর আয়নের সহিত H^+ আয়নও থাকে। বস্তুতঃ সমস্ত অ্যাসিডে সচরাচর বর্তমান বিশেষ গুণসমূহ এই H^+ আয়নের জন্যই হইয়া থাকে।

ফ্যারাডের তড়িদ্ বিশ্লেষণ সূত্র (Faraday's Laws of Electrolysis) ঃ অনেকগুলি পরীক্ষার পর 1834 খৃষ্টাব্দে ফ্যারাডে তড়িদ্ বিশ্লেষণের পরিমাণ সম্বন্ধে

দুইটি সূত্র আবিষ্কার করেন। প্রথমটিতে চালিত বিদ্যুতের পরিমাণের সহিত বিদ্যুৎ-মুক্ত আয়নের পরিমাণের সম্বন্ধ এবং দ্বিতীয়টি দ্বারা সমপরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা দ্বারা উৎপন্ন ভিন্ন ভিন্ন বিদ্যুৎমুক্ত আয়নের ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণের সম্বন্ধ দেখান হইয়াছে।

ফ্যারাডের প্রথম তড়িদ্ বিশ্লেষণ সূত্রঃ তড়িৎ-দ্বারে তড়িদ্ বিশ্লেষণজাত পদার্থের পরিমাণ চালিত বিদ্যুতের পরিমাণের সহিত সমানুপাতিক। অর্থাৎ চালিত বিদ্যুতের পরিমাণের হ্রাস ও বৃদ্ধির সহিত তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থ একই হারে হ্রাস ও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া থাকে।

অতএব, যদি Q কুলম্ব পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োগে W গ্রাম ওজনের কোন পদার্থ উৎপন্ন হয়, তবে এই সূত্র অনুসারে, $W \propto Q$, অথবা $W = Z \times Q = Z \times C \times t$

এখানে, Z = একটি নিত্য সংখ্যা

C = বিদ্যুৎ-প্রবাহ শক্তি

t = সেকেণ্ডে ব্যক্ত সময়ের পরিমাণ

নিত্য সংখ্যা Z এর একটি বিশেষ অর্থ আছে। ইহা সেই পরিমাণ পদার্থ যাহা এক কুলম্ব বিদ্যুৎ দ্বারা অথবা এক একক (এক অ্যাম্পিয়ার) বিদ্যুৎ-প্রবাহ এক সেকেণ্ড চালনা দ্বারা তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন হয়। ইহাকে **তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক** (**Electrochemical Equivalent**) বলে। ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বিভিন্ন।

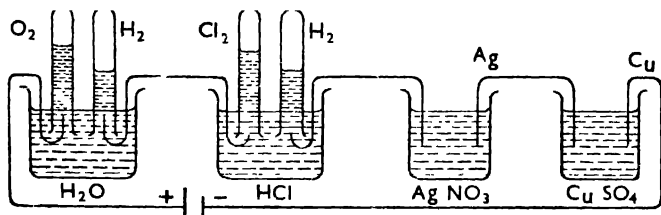
রৌপ্যের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·001118 গ্রাম

হাইড্রোজেনের „ „ „ = 0·000010446 „

অর্থাৎ, এক কুলম্ব বিদ্যুৎ দ্বারা বা এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ এক সেকেণ্ড চালনা দ্বারা উপরোক্ত পরিমাণ রৌপ্য ও হাইড্রোজেন ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়।

ফ্যারাডের দ্বিতীয় তড়িদ্ বিশ্লেষণ সূত্রঃ একই পরিমাণ বিদ্যুৎ ব্যবহারে বিভিন্ন তড়িদ্ বিশ্লিষ্ট পদার্থ হইতে ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন বিভিন্ন পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ তাহাদের নিজস্ব রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সহিত সমানুপাতিক। অর্থাৎ, যদি একই শক্তির বিদ্যুৎ-প্রবাহ একই সময়ের জন্য তড়িদ্‌বিশ্লিষ্ট পদার্থের মধ্যে চালিত করিয়া দুইটি তড়িৎ দ্বারে W_1 ও W_2 গ্রাম ওজনের দুইটি পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং যদি উহাদের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে E_1 ও E_2 হয় তবে এই সূত্রানুসারে

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

উদাহরণস্বরূপ উল্লেখ করা যাইতে পারে যে ২২নং চিত্রানুযায়ী চারিটি পৃথক্ পাত্রে যথাক্রমে অম্লাক্বত জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সিলভার নাইট্রেটের দ্রব এবং

চিত্র—২২

কপার সালফেটের দ্রব রাখিয়া উপযোগী তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে যদি কোন নির্দিষ্ট সময়ে জন্য একই শক্তির বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত করা যায়, তবে উক্ত চিত্রে প্রদর্শিত ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণের অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, ক্লোরিণ, রৌপ্য ও তাম্র পাওয়া যাইবে। কিন্তু দুইটি তড়িৎ-দ্বারে একই ওজনের হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে। এই সমস্ত বিভিন্ন পদার্থের উৎপন্ন বিভিন্ন পরিমাণ তাহাদের তুল্যাঙ্কভারের সহিত সমানুপাতিক হইবে।

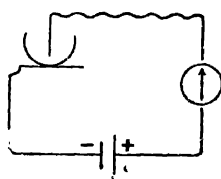
তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র হইতে জানা যায় যে,

$$W = Z \times C \times t$$

অথবা, $$Z = \frac{W}{C \times t}$$

সুতরাং যদি W, C ও tর মান জানা থাকে তবে Zএর মান বাহির করা যায়। নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে রৌপ্যের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হইয়াছে:

একটি স্থির ওজনের প্ল্যাটিনমের খর্পরে সিলভার নাইট্রেটের লঘু জলীয় দ্রব লইয়া তাহাতে একটি বিশুদ্ধ রৌপ্য পাতের কিয়দংশ এরূপ ভাবে ডুবাইয়া রাখিতে হয় যে উহা খর্পর স্পর্শ করিতে না পারে। এইরূপ ব্যবস্থাকে ভল্টামিটার (Voltameter) বলে। তারপর ২৩নং চিত্রানুযায়ী একটি অ্যাম্মিটারের (Ammeter) মধ্যবর্তিতায় খর্পর ও পাতটিকে যথাক্রমে একটি তড়িৎ-কোষের অপরা ও পরা মেরুর সহিত সংযুক্ত করিয়া একটি নির্দিষ্ট সময়ের জন্য বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালনা করিতে হয়।

চিত্র—২৩

একটি প্রতিরোধ ঘড়ির (Stop watch) সাহায্যে সময় ও অ্যাম্মিটার হইতে

বিদ্যুৎ-প্রবাহের শক্তির মাত্রা জানিয়া লইতে হয়। নির্দিষ্ট সময় উত্তীর্ণ হইলে বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া খর্পরের দ্রব অন্য পাত্রে ঢালিয়া রাখিতে হয়। তখন দেখা যায় যে খর্পরের যে অংশে ঐ দ্রব ছিল:সেখানে রৌপ্যের ছোট ছোট কেলাসের একটি প্রলেপ পড়িয়াছে। তারপর তাহাকে পাতিত জলে ও কোহলে সাবধানে ধুইয়া ও শুষ্ক করিয়া পুনরায় তুলায় ওজন করিলে আয়ন হইতে খর্পরে অধঃক্ষিপ্ত রৌপ্যের পরিমাণ পাওয়া যায়। তখন উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে Zএর মান বাহির করা হয়।

তুইটি তড়িদ্ বিশ্লেষণ সূত্রের প্রয়োগে মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্বন্ধ নির্ণয় :—প্রথম সূত্রানুসারে আমরা জানি যে,

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1}{Z_2}$$

এবং দ্বিতীয় সূত্রানুসারে আমরা জানি যে,

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}$$

অতএব এই তুইটি সূত্রের যুক্ত প্রয়োগে আমরা জানিতে পারি যে,

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{Z_1}{Z_2}$$

E_1, E_2, Z_1 ও Z_2 এই চারিটির মধ্যে যে কোন তিনটির মান জানিলে চতুর্থটির মান সহজেই হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

উদাহরণ ১। তাম্রের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় :

শেষোক্ত সমীকরণ অনুসারে আমরা জানি যে

$$\frac{\text{তাম্রের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার}}=\frac{\text{তাম্রের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{রৌপ্যের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$$

অতএব, $$\frac{31{\cdot}75}{107{\cdot}88}=\frac{Z_1}{0{\cdot}001118}$$

$$\therefore\quad Z_1=\frac{31{\cdot}75}{107{\cdot}88}\times 0{\cdot}001118 \text{ গ্রাম}$$

$$=0{\cdot}0003294 \text{ গ্রাম}$$

বিদ্যুতের পরিমাণ ব্যক্ত করিবার একক এক কুলম্ব অত্যন্ত ক্ষুদ্র। সেই জন্য অনেক ক্ষেত্রে একটি বৃহৎ একক ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তাহাকে **এক ফ্যারাডে (Faraday)** বলা হয়। ইহা সেই পরিমাণ বিদ্যুৎ যাহা এক গ্রাম-আয়ন আয়নের

সহিত যুক্ত থাকে অথবা যাহা এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বস্তুকে তড়িৎ-দ্বারে উৎপাদন করিতে পারে। ইহার মান নিম্নোক্তভাবে নির্ণয় করা হয়:

আমরা জানি যে কোন বস্তুর তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এক কুলম্ব দ্বারা উৎপন্ন হয়।

স্বতরাং সেই বস্তুর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (gram-equivalent)

$$\frac{\text{এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}{\text{তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}} \text{ কুলম্ব দ্বারা উৎপন্ন হইবে।}$$

ইহাকেই **এক ফ্যারাডে** বলে।

স্বতরাং রৌপ্যকে উদাহরণ স্বরূপ লইলে

$$\text{এক ফ্যারাডে} = \frac{107{\cdot}88}{0{\cdot}001118} = 96494 \text{ কুলম্ব।}$$

অন্য পদার্থের সম্বন্ধেও এক ফ্যারাডের মান একই পাওয়া যাইবে।

রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়: ভিন্ন ভিন্ন ভল্টামিটার এক সঙ্গে ব্যবহার করিয়া এবং একই সময়ের জন্য একই শক্তির বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালনা করিয়া ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন বিদ্যুৎমুক্ত পরিমাণ হইতে ও একটির জ্ঞাত তুল্যাঙ্কভার হইতে অপরগুলির অজ্ঞাত তুল্যাঙ্কভার ফ্যারাডের দ্বিতীয় স্থত্রের সাহায্যে বাহির করা যায়।

উদাহরণ ২। একই বিদ্যুৎ-প্রবাহ একই সময়ের জন্য চালনা করিলে যথাক্রমে 0·01807গ্রাম হাইড্রোজেন ও 0·578 গ্রাম তাম্র উৎপন্ন হয়। তাম্রের তুল্যাঙ্কভার কত?

আমরা জানি যে,

$$\frac{W_{Cu}}{W_{H_2}} = \frac{E_{Cu}}{E_{H_2}}$$

এখানে,

W_{Cu} = মুক্ত তাম্রের ওজন
W_{H_2} = „ H_2 এর „
E_{Cu} = তাম্রের তুল্যাঙ্কভার
E_{H_2} = H_2এর „

$$\therefore \quad E_{Cu} = \frac{0{\cdot}578}{0{\cdot}01807} \times E_{H_2} = 31{\cdot}09$$

প্রশ্নমালা

১। নিম্নোক্ত পদগুলি ব্যাখ্যা কর:

আয়ন, তড়িদ্‌-বিশ্লেষ্য, অ্যানোড, ক্যাথোড, তড়িদ্‌ বিশ্লেষণ, তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও ফ্যারাডে।

২। তড়িদ্‌-বিয়োজনবাদ সম্বন্ধে যাহা জান তাহার একটি বিবরণ দাও। ইহার সাহায্যে নিম্নোক্ত বস্তু দুইটির তড়িদ্‌ বিশ্লেষণের ব্যাখ্যা লিখ: (১) অম্লীকৃত জল ও (২) সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রব।

৩। তড়িদ্-বিয়োজনবাদের আলোকে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের সংজ্ঞা কি ?

৪। ফ্যারাডের তড়িদ্ বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বর্ণনা কর।

৫। তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্বন্ধ স্থাপন কর।

রৌপ্যের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 হইলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। ($E_{Ag}=107·88$, $E_{H_2}=1$ ও $E_{O_2}=8$)

[$Z_{H_2}=0·0000104$
$Z_{O_2}=0·0000829$]

৬। তাম্রের কোন লবণের জলীয় দ্রব হইতে 100 গ্রাম তাম্র পাইতে কত ফ্যারাডে বিদ্যুতের প্রয়োজন ? ($E_{Cu}=31·75$) [203·86]

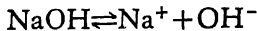
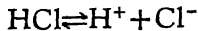
৭। সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া 20 মিনিট 2·1 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত করিলে কতটা রৌপ্য পাওয়া যাইবে ? [2·817 গ্রাম]

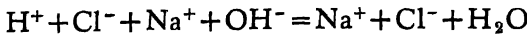
চতুর্দশ অধ্যায়

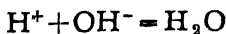
অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry and Alkalimetry)

প্রশমন (**Neutralization**): অম্ল বা অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে সংস্পর্শ ঘটিলেই উভয়ের মধ্যে এক শ্রেণীর বিক্রিয়া হইয়া থাকে—যাহার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। এই শ্রেণীর বিক্রিয়াকে **প্রশমন** বলে। এই কার্যে উভয়ের জলীয় দ্রবই ব্যবহৃত হইয়া থাকে এবং তাহাদের পরস্পরের মধ্যে প্রশমন-ক্রিয়া তড়িদ্-বিয়োজন-বাদের সাহায্যে নিম্নোক্ত ভাবে সহজেই ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে :

প্রত্যেক অ্যাসিড ও ক্ষার জলীয় দ্রবে যথাক্রমে H^+ ও OH^- আয়ন দিয়া থাকে। যেমন,

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

উভয়ের দ্রব একত্র মিশাইলে শুধু H^+ ও OH^- আয়ন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু জল সৃষ্টি করিয়া থাকে ; Na^+ ও Cl^- আয়নের কোন পরিবর্তন হয় না।

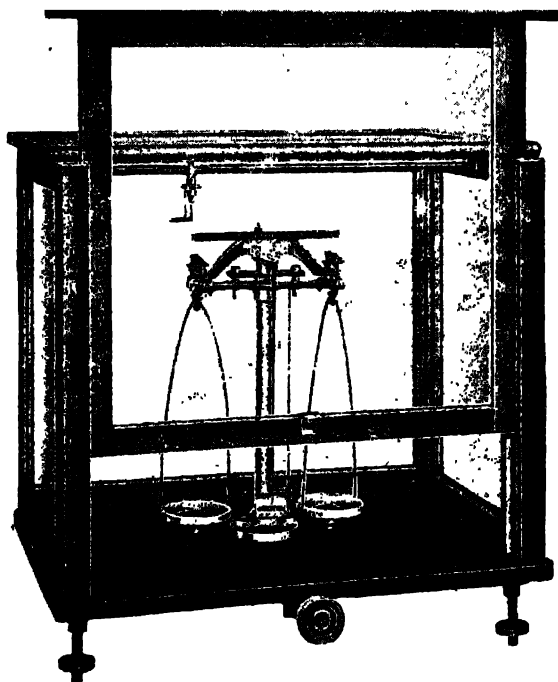
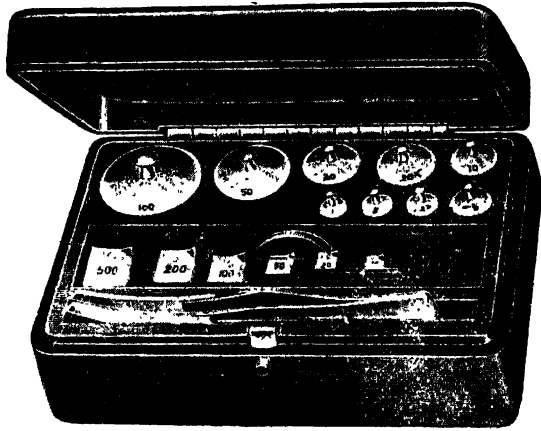
$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

সুতরাং সমস্ত প্রশমন ক্রিয়া শুধু H^+ ও OH^- আয়নের সংযুক্তি ভিন্ন অন্য কিছুই নহে।

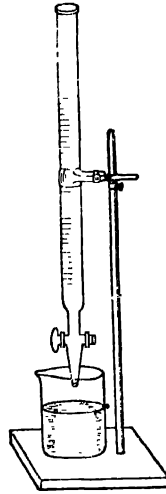
$$H^+ + OH^- = H_2O$$

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি: পদার্থের স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে আমরা জানি যে নির্দিষ্ট পরিমাণ অ্যাসিডের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়া ঘটিয়া থাকে, এবং সমীকরণের সাহায্যে উভয়ের প্রয়োজনীয় পরিমাণ সহজেই হিসাব করিয়া বাহির করা যাইতে পারে। সুতরাং যদি একটির পরিমাণ জানা থাকে তবে অপরটির পরিমাণ হিসাব করিয়া জানিতে পারা যায়।

যখন জলীয় দ্রবে অবস্থিত কোন অ্যাসিডের অজ্ঞাত পরিমাণ বা মাত্রা (Concentration) কোন ক্ষারের প্রমাণ দ্রবের (Standard solution) আবশ্যকীয় আয়তনের সাহায্যে জানা যায় তখন তাহাকে **অম্লমিতি** বলে। ইহার বিপরীত প্রক্রিয়াকে **ক্ষারমিতি** বলে।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি: এই উভয় প্রক্রিয়ায় সচরাচর যে সমস্ত যন্ত্রের প্রয়োজন হয় চিত্র সহকারে তাহাদের প্রধান কয়েকটির নাম নিম্নে প্রদত্ত হইল:

(১) রাসায়নিক তুলা (Chemical balance)

চিত্র—২৪

(২) ওজন-বাক্স (Weight box

চিত্র—২৫

(৩) তোলন বোতল (Weighting bottle) (চিত্র—২৬), (৪) মাপক কূপী (Measuring flask) (চিত্র—২৭), (৫) অংশাঙ্কিত বেলন (Graduated cylinder) (চিত্র—২৮), (৬) বিউরেট (Burette) (চিত্র—২৯), (৭) পিপেট (Pipette) (চিত্র—৩০) ।

চিত্র—২৬ চিত্র—২৭ চিত্র—২৮ চিত্র—২৯ চিত্র—৩০

সূচক (**Indicator**) : অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অম্ল ও ক্ষারের দ্রব ব্যতীত দুই-এক ফোঁটা তৃতীয় শ্রেণীর বস্তুর লঘু দ্রব ব্যবহার করিতে হয়। শুধু রংএর পরিবর্তন দ্বারা এই তৃতীয় শ্রেণীর বস্তুর অতি সামান্য পরিমাণ, অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘোষণা করে। আম্লিক দ্রবে ইহাদের রং একরূপ, কিন্তু ক্ষারীয় দ্রবে ইহাদের রং অন্যরূপ। আবার যে দ্রব আম্লিক বা ক্ষারীয় নয়, যাহা তুল্যাঙ্কপরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত হয় এবং যাহাকে **শমিত** বা **প্রশম** (Neutral) দ্রব বলে, তাহাতে উহাদের রং ভিন্ন। দ্রবের যে অবস্থায় রংএর পরিবর্তন দ্বারা ইহারা অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘোষণা করে তাহাকে **প্রশম-ক্ষণ** (**Neutral point**) বলে। এই শ্রেণীর পদার্থকে **সূচক** (Indicator) বলে। ইহারা প্রকৃতিতে ক্ষীণ জৈব অ্যাসিড বা জৈব ক্ষার। অনেক প্রকার সূচক রসায়নাগারে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কিন্তু প্রাথমিক অবস্থায় মাত্র তিনটি বা চারিটি সূচক সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে। নিম্নোক্ত সারণীতে ইহাদের নাম, ত্রিবিধ দ্রবে ইহাদের রং এবং ইহাদের প্রয়োগক্ষেত্র দেওয়া হইল :

ত্রিবিধ দ্রবে সূচকের রং

সূচকের নাম	আম্লিক দ্রবে	ক্ষারীয় দ্রবে	শমিত বা	প্রয়োগ ক্ষেত্র
লিটমস (Litmus)	লাল	নীল	লাল ও নীলের মধ্যবর্তী বেগুনী রং	অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে ব্যবহৃত হয় না। দ্রব আম্লিক কিংবা ক্ষারীয় তাহা জানিতে ইহা ব্যবহার করা হয়।
মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl Orange)	লাল বা গোলাপী	হলুদ	কমলা (orange)	অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে H_2SO_4, HCl প্রভৃতি তীব্র অ্যাসিডের ক্ষেত্রে কিন্তু ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে নহে।
মিথাইল রেড (Methyl Red)	লাল	হলুদ	কমলা	অতি ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে নহে।
ফেনল থেলিন (Phenol phthalein)	বর্ণহীন	গোলাপী	অত্যন্ত ফিকে গোলাপী	ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। ক্ষীণ ক্ষারের ক্ষেত্রে নহে।

প্রমাণ-দ্রব (Standard Solution) : দ্রবের কোন জ্ঞাত আয়তনে যদি দ্রাবের পরিমাণ জানা থাকে, তবে তাহাকে **প্রমাণ-দ্রব** বলে। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অন্ততঃ একটি প্রমাণ-দ্রব ব্যবহার করিতে হয়। প্রমাণ-দ্রবের মাত্রা (Concentration) নানা ভাবে ব্যক্ত হইয়া থাকে। কিন্তু আয়তন বিশ্লেষণে (Volumetric Analysis) প্রমাণ-দ্রবের মাত্রা সচরাচর **নরমাল** (Normal)-এর সংজ্ঞায় ব্যক্ত হইয়া থাকে।

অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of an acid) : **অ্যাসিডের সেই পরিমাণকে তাহার তুল্যাঙ্কভার বলে, যাহাতে পরিমাণীয় এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে।** যখন ইহার তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে ব্যক্ত করা হয় তখন তাহাকে তাহার **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে। যেমন—

পরিমাণীয় 36·5 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে (HCl) একভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে। স্বতরাং 36·5, HCl এর তুল্যাঙ্কভার এবং 36·5 গ্রাম, তাহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

আবার, পরিমাণীয় 98 ভাগ H_2SO_4এ দুই ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে।

স্বতরাং 49 ভাগ H_2SO_4এ 1 ভাগ H_2 আছে।

স্বতরাং ইহার তুল্যাঙ্কভার $= \frac{98}{2}$

$$= \frac{\text{ইহার আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ইহার অণুতে অবস্থিত প্রতিস্থাপনীয় } H_2 \text{ পরমাণুর সংখ্যা}}$$

$$= \frac{\text{ইহার আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ইহার ক্ষারগ্রাহিতা}} = 49$$

স্বতরাং HCl ও HNO_3র ক্ষেত্রেও

$$HCl \rightarrow \frac{36{\cdot}1}{1} = 36{\cdot}5 \text{ (তুল্যাঙ্কভার)}$$

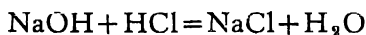
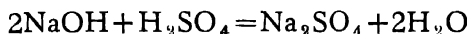
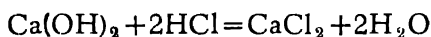
$$HNO_3 \rightarrow \frac{1+14+48}{1} = 63 \text{ (তুল্যাঙ্কভার)}$$

স্বতরাং সকল অ্যাসিড সম্পর্কে বলা যাইতে পারে যে

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{তাহার ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার (**Equivalent weight of an alkali**) **:** ক্ষারের সেই পরিমাণকে তাহার **তুল্যাঙ্কভার** বলে, যাহা কোন অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভারকে **প্রশমিত** করে। ইহার তুল্যাঙ্কভার যখন গ্রামে ব্যক্ত করা হয় তখন তাহাকে তাহার **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে। যেমন—

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$40 \quad 36{\cdot}5$$

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$
$$2 \times 40 \quad 98$$

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$
$$74 \quad +2 \times 36{\cdot}5$$

উল্লিখিত সমীকরণসমূহ হইতে আমরা জানি যে,

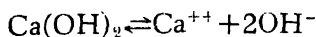
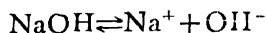
পরিমাণীয় 40 ভাগ সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH) যথাক্রমে পরিমাণীয় 36·5 ভাগ HCl ও 49 ভাগ H_2SO_4কে প্রশমিত করিতে পারে।

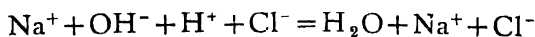
সুতরাং 40, NaOH এর **তুল্যাঙ্কভার** এবং 40 গ্রাম, ইহার **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক**।

আবার পরিমাণীয় 74 ভাগ ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইড 2×36·5 ভাগ HCl কে প্রশমিত করে

সুতরাং $\frac{74}{2} = 37$ ইহার তুল্যাঙ্কভার।

অন্য উপায়েও ইহাদের তুল্যাঙ্কভার ব্যক্ত করা যায়। জলীয় দ্রবে ক্ষারের অণু আয়নিত হইয়া বিভিন্ন ক্যাটায়ন ও OH^- আয়ন উৎপাদন করে।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^-$$
$$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$$

একটি অণু হইতে উদ্ভূত OH^- আয়নের সংখ্যা দ্বারা ইহাদের অম্লগ্রাহিতা নিরূপিত হয়। অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ার সমীকরণ হইতে জানা যায় যে একটি OH^- একটি H^+ এর সহিত যুক্ত হইয়া প্রশমন ক্রিয়া সমাধা করে।

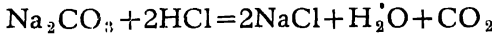
$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- = H_2O + Na^+ + Cl^-$$

সুতরাং ক্ষারের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ইহা সেই পরিমাণ ক্ষার যাহাতে একটি বা পরিমাণীয় 17 ভাগ OH^- আয়ন আছে।

$$\text{সুতরাং ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ইহার আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ইহার অম্লগ্রাহিতা}}$$

লবণের তুল্যাঙ্কভারঃ অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে কোনও কোনও সময়ে লবণের তুল্যাঙ্কভার জানার প্রয়োজন হয়। বিশেষতঃ অনার্দ্র সোডিয়ম কারবনেট Na_2CO_3 অম্লমিতিতে প্রারম্ভিক দ্রব্য হিসাবে সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে। লবণের মধ্যে অবস্থিত ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার, ইহার যে পরিমাণে থাকে তাহাকে ইহার তুল্যাঙ্কভার বলে। যেমন Na_2CO_3এর পরিমাণীয় 106 (46+12+48) ভাগে 46 ভাগ সোডিয়ম আছে। কিন্তু 23, সোডিয়মের তুল্যাঙ্ক।

সুতরাং, Na_2CO_3এর তুল্যাঙ্কভার$=\frac{106}{2}=53$

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া হইতেও ইহার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

$$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+H_2O+CO_2$$

সুতরাং Na_2CO_3এর তুল্যাঙ্কভার$=\frac{Na_2CO_3}{2}$

নরমাল দ্রব (**Normal Solution**)ঃ যখন 1 লিটার বা 1000 ঘন সেন্টিমিটার (ঘসি. সি.) দ্রবে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকে তখন তাহাকে **নরমাল দ্রব** বলে, অথবা তাহার মাত্রাকে **1 নরমাল** বা **শুধু নরমাল মাত্রা** বলে। দ্রাবের সংকেতের অব্যবহিত পূর্বে N লিখিয়া ইহা সাংকেতিক ভাষায় প্রকাশ করিতে হয়। যেমন 1 লিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে যদি 36·5 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) থাকে তবে ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নরমাল দ্রব বলে এবং ইহা N.HCl রূপে লিখিতে হয়। N.NaOH দ্রবের অর্থ নরমাল সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড দ্রব।

অনেক সময়েই 1 লিটার দ্রবে দ্রাবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের পরিবর্তে তাহার কোন ভগ্নাংশ থাকে। তখন 1 লিটারে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের যে ভগ্নাংশ থাকে, দ্রবের মাত্রাও নরমালের সেই ভগ্নাংশে প্রকাশ করিতে হয়। যেমন HCl এর 1 লিটার দ্রবে যদি 3·65 গ্রাম HCl থাকে তবে সেই দ্রবকে ডেসি নরমাল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা $\frac{N}{10}$ বা ·1N. HCl বলে। যদি 1 লিটার NaOH এর দ্রবে 20 গ্রাম NaOH থাকে তবে তাহাকে NaOHএর সেমি বা অর্ধনরমাল দ্রব বলে এবং ইহাকে $\frac{N}{2}$ বা ·5N রূপে ব্যক্ত করিতে হয়। সুতরাং, 1 লিটার ·2N. H_2SO_4 এর দ্রবে ·2 × 49 গ্রাম = 9·8 গ্রাম H_2SO_4 আছে।

অপরপক্ষে 1 লিটার দ্রবে যদি দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের কোন সরল গুণিতক থাকে তবে তাহার মাত্রাকে নরমালেরও সেই গুণিতক রূপে প্রকাশ করিতে হয়। যেমন 1 লিটার HClএর দ্রবে যদি 73 গ্রাম HCl থাকে তবে তাহাকে 2N দ্রব বলে। সুতরাং এক লিটার 3N. Na_2CO_3 দ্রবে 3×53 গ্রাম $= 159$ গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

উদাহরণ ১। 250 সি. সি. H_2SO_4এর জলীয় দ্রবে 1·225 গ্রাম H_2SO_4 আছে। উহার মাত্রা কত?

250 সি. সি.-তে 1·225 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে 1 লিটারে

$\frac{1000 \times 1.225}{250}$ গ্রাম $= 4.9$ গ্রাম H_2SO_4 আছে।

H_2SO_4এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 49$ গ্রাম

এখন, 1 লিটারে 49 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে সেই দ্রবের মাত্রা N

$\therefore$ 1 লিটারে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে তাহার মাত্রা $= \frac{4.9}{49} N = .1N$

উদাহরণ ২। সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের ·25N দ্রবের 400 সি সি.-তে কতটুকু NaOH থাকে?

NaOHএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= (23 + 16 + 1)$ গ্রাম

$= 40$ গ্রাম

$\therefore$ 1000 সি. সি. N দ্রবে 40 গ্রাম NaOH থাকে

$\therefore$ „ „ „ ·25 N দ্রবে $40 \times .25$ গ্রাম NaOH থাকে।

সুতরাং, 400 সি. সি. 25 N দ্রবে, $\frac{40 \times .25 \times 400}{1000}$ গ্রাম

$= 4$ গ্রাম NaOH থাকিবে।

উদাহরণ ৩। 36N. H_2SO_4এর কত আয়তনে উহার এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকে?

1000 সি. সি. 36N. H_2SO_4এ 36×49 গ্রাম H_2SO_4 থাকে।

$\therefore$ 49 গ্রাম H_2SO_4 থাকবে 36N.H_2SO_4এর

$\frac{49 \times 1000}{36 \times 49}$ সি. সি.-তে

$= 27.77$ সি. সি.-তে

প্রমাণ দ্রব প্রস্তুতকরণঃ প্রমাণ দ্রব প্রস্তুতকরণে নির্দিষ্ট ও ভিন্ন ভিন্ন আয়তনের মাপক-কূপী ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই সমস্ত মাপক-কূপীর গলায় একটি স্থায়ী বৃত্তাকার চিহ্ন খোদিত করিয়া (etch) এবং মধ্যদেশে 100 সি. সি., 250 সি. সি., 500 সি. সি. বা 1000 সি. সি. খোদিত করিয়া তাহাদের নির্দিষ্ট আয়তন ব্যক্ত করা হয়, অর্থাৎ কোন মাপক-কূপীর গলার বৃত্তাকার চিহ্ন পর্যন্ত যদি কোন তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হয় তবে এই তরল পদার্থের আয়তন ঐ মাপক-কূপীর মধ্যদেশে লিখিত আয়তনের সমান। মাপক-কূপীর মুখের ভিতরের ধার ঘসা থাকে এবং তাহা জলরোধক ঘসা কাচের ছিপি দ্বারা বন্ধ করা যায় (২৭নং চিত্র)। রাসায়নিক তুলা ও তোলন-বোতলের সাহায্যে নির্দিষ্ট ও উপযোগী পরিমাণের কোন দ্রাব ওজন করিয়া মাপক-কূপীতে ঢালিতে হয় এবং তাহাতে কিছু জল ঢালিয়া তাহা দ্রবীভূত করিতে হয়। তারপর কূপীর গলার চিহ্ন পর্যন্ত সাবধানে জল-পূর্ণ করিয়া এবং মুখে ছিপি আঁটিয়া ঝাঁকাইয়া লইলে প্রমাণ দ্রব প্রস্তুত হয়।

(ক) **Na_2CO_3এর ·1N দ্রব প্রস্তুতকরণঃ** পূর্বেই উক্ত হইয়াছে যে অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ Na_2CO_3 প্রারম্ভিক দ্রব্য রূপে সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে এবং তাহার 1N দ্রবই এই ব্যাপারে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ 250 সি. সি. প্রমাণ দ্রবই প্রস্তুত করা হয়। স্থতরাং Na_2CO_3 এর 250 সি. সি. ·1N দ্রব প্রস্তুতকরণের পদ্ধতি নিম্নে প্রদত্ত হইল :

$$Na_2CO_3\text{এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক} = \frac{46+12+48}{2}\text{গ্রাম} = 53 \text{ গ্রাম}$$

$$\therefore \quad \cdot 1N \text{ দ্রবের } 250 \text{ সি. সি.-তে } \frac{5 \cdot 3}{4} = 1 \cdot 325 \text{ গ্রাম } Na_2CO_3 \text{ থাকিবে।}$$

প্রথমে একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক তোলন-বোতল লইয়া তুলার সাহায্যে তাহার ওজন লইতে হয়। তারপর তাহাতে অল্প অল্প করিয়া বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র Na_2CO_3-চূর্ণ ঢালিয়া প্রতিবার চূর্ণ ঢালিবার পর ওজন লইতে হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত Na_2CO_3-সহ তোলন-বোতলের ওজন 1·325 গ্রাম বৃদ্ধি না পায় ততক্ষণ পর্যন্ত সাবধানে এইভাবে ক্রমাগত ওজন করিয়া তোলন-বোতলে Na_2CO_3-চূর্ণ লইতে হয়।

তারপর একটি 250 সি. সি. আয়তনের মাপক-কূপী ভালভাবে পাতিত জলে ধুইয়া তাহার মুখে একটি ঐভাবে ধৌত ফানেল বসাইতে হয়। তখন তোলন-বোতল হইতে Na_2CO_3-চূর্ণ ফানেলের ভিতর ঢালিতে হয়। পরে তোলন-বোতলটি পুনঃ পুনঃ পাতিত জলে ধুইয়া উহাও ফানেলে একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে ঢালিতে হয়। তারপর ফানেলটিও ঐ অবস্থায় রাখিয়া কয়েকবার অল্প অল্প পাতিত

জল দ্বারা ধুইয়া লইতে হয়। এইরূপ ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে তোলন-বোতলের সমস্ত Na_2CO_3 টুকুই মাপক-কূপীতে স্থানান্তরিত করা যায়। এক্ষণে মাপক কূপীটিকে বৃত্তাকারে ঘুরাইলে সমস্ত Na_2CO_3-চূর্ণ জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। তখন কূপীতে আস্তে আস্তে আরও পাতিত জল ঢালিতে হয়। সর্বশেষে ফোঁটা ফোঁটা জল দিয়া কূপীমধ্যস্থিত দ্রবের উপরের তল ও কূপীর গলার দাগ একই সমতলে আনিতে হয়। তারপর ছিপি আঁটিয়া কূপীটিকে কয়েকবার ঝাঁকাইয়া ও উল্টাইয়া লইলেই দ্রবটি সমসত্ত্ব হইয়া যায়। কিন্তু ইচ্ছাগত এইরূপ নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রব্য ওজন করা সময় সাপেক্ষ ও কষ্টসাধ্য এবং ইহার কোন প্রয়োজনও নাই। সেইজন্য ঐরূপ নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রব্য ওজন না করিয়া উহার নিকটবর্তী কোন ওজনের দ্রব্য মাপিয়া লইলেই যথেষ্ট হয়। কিন্তু যে পরিমাণ দ্রব্য মাপিয়া লওয়া হইবে তাহার ওজন সঠিক জানিতে হইবে। যেমন 1·325 গ্রাম Na_2CO_3-চূর্ণের পরিবর্তে তাহার নিকটবর্তী কোন ওজনের Na_2CO_3-চূর্ণ লওয়া যাইতে পারে। পরে ত্রৈরাশিকের সাহায্যে ঐ দ্রবের সঠিক মাত্রা পাওয়া যাইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, 1·325 গ্রাম Na_2CO_3এর চূর্ণের স্থানে যদি 1·425 গ্রাম চূর্ণ লওয়া হয় তবে ঐ দ্রবের মাত্রা হইবে

$$\frac{1{\cdot}425}{1{\cdot}325}N = 1{\cdot}0754N$$

(খ) H_2SO_4এর ·1N দ্রব প্রস্তুত করণ ঃ

H_2SO_4 এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম

∴ 1000 সি.সি. আয়তনের ·1N. H_2SO_4 দ্রবতে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 থাকিবে।

কিন্তু H_2SO_4 একটি জলাকর্ষী তরল পদার্থ। সুতরাং Na_2CO_3-চূর্ণের মত ওজন করিয়া ইহার প্রমাণ দ্রব প্রস্তুত করা যায় না।

বাজারে যে গাঢ় H_2SO_4 পাওয়া যায় তাহার পরিমাণীয় শতকরা 95 – 98 ভাগ H_2SO_4 এবং অবশিষ্টাংশ জল। উদাহরণস্বরূপ ধরা হউক যে আমাদের সংগৃহীত H_2SO_4এ 97% H_2SO_4 আছে এবং ইহার ঘনত্ব 1·84

∴ 1 সি. সি. আয়তনের গাঢ় H_2SO_4এর ওজন $= 1 \times 1{\cdot}84$ গ্রাম

$= 1{\cdot}84$ গ্রাম

∴ 1 সি. সি. " " " এ $\frac{1{\cdot}84 \times 97}{100}$ গ্রাম H_2SO_4 আছে

∴ 4·9 গ্রাম H_2SO_4 থাকিবে $\frac{4{\cdot}9 \times 100}{1{\cdot}84 \times 97}$ সি. সি. গাঢ় H_2SO_4 দ্রবে

$= 2{\cdot}74$ সি. সি. গাঢ় H_2SO_4 দ্রবে

1000 সি. সি. আয়তনের একটি মাপক-কূপীর প্রায় অর্ধেক পাতিত জলে ভর্তি করিয়া একটি অংশাঙ্কিত পিপেটের সাহায্যে তাহাতে মোটামুটি 2·75 সি. সি. গাঢ় H_2SO_4 লও এবং উহা একটু ঝাঁকাও। মিশ্রটি গরম হইবে। উহা ঠাণ্ডা হইলে আরও জল দিয়া কূপীর গলার দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর এবং ছিপি আঁটিয়া আবার ঝাঁকাও। তখন মোটামুটি ·1N. H_2SO_4এর দ্রব প্রস্তুত হইবে। উহার সঠিক মাত্রা প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবের সাহায্যে নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে নির্ণয় করিতে হয়। এই পদ্ধতিকে **টাইট্রেশন** (Titration) বলে। সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে **টাইট্রেশন হইল সেই পদ্ধতি যাহার দ্বারা কোন প্রমাণ দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করাইয়া আয়তনিক ভাবে কোন অজ্ঞাত দ্রবের মাত্রা বা তাহার নির্দিষ্ট আয়তনে অবস্থিত দ্রাবের পরিমাণ জানা যায়।**

একটি 50 সি. সি. আয়তনের বিউরেট প্রথমে জলে ভালভাবে ধুইয়া পরে তাহাকে মোটামুটি ·1N. H_2SO_4এর দ্রব দ্বারা তিন বার ধুইতে হয়। পরে তাহার শূন্য দাগের একটু উপর পর্যন্ত ঐ H_2SO_4 দ্রব দ্বারা পূর্ণ করিয়া একটি দাঁড়ের সাহায্যে খাড়াভাবে রাখিতে হয় (চিত্র—২৯)। তারপর স্টপ্‌কক খুলিয়া তাহার নীচের অংশ হইতে বাতাস বাহির করিয়া শূণ্য দাগ পর্যন্ত H_2SO_4 এর দ্রব দ্বারা পূর্ণ করিতে হয়।

একটি বীকার বা খর্পর ভাল করিয়া পাতিত জলে ধুইয়া তাহাতে পিপেটের সাহায্যে 25 সি. সি. প্রমাণ (·1N বা তাহার নিকটবর্তী মাত্রায়) Na_2CO_3 এর দ্রব লইতে হয়। তাহাতে 1-2 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জের দ্রব এবং 70-75 সি. সি. পাতিত জল মিশাইতে হয়। তারপর উহা বিউরেটের নীচে বসাইয়া স্টপ্‌কক ঘুরাইয়া বিউরেট হইতে আস্তে আস্তে অ্যাসিড ফেলিতে হয় এবং বীকারস্থিত মিশ্র কাচের দণ্ডদ্বারা নাড়িতে হয়। শেষের দিকে অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা ফেলিতে হয়। শেষের ফোঁটায় প্রকাশিত গোলাপী রং আর নষ্ট হইয়া যায় না; তাহা সমস্ত দ্রবে বিস্তারলাভ করে। তখন জানা যায় যে প্রশমক্ষণ উপস্থিত হইয়াছে। প্রশমক্ষণ পর্যন্ত দেয় অ্যাসিডের আয়তন, Na_2CO_3 এর দ্রবের আয়তন ও তাহার মাত্রা হইতে অ্যাসিডের মাত্রা ও তাহার কোন নির্দিষ্ট আয়তনে অবস্থিত H_2SO_4 এর পরিমাণ হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অবলম্বনীয় তিনটি অত্যাবশ্যক নীতি :

(১) আমরা জানি যে

1000 সি. সি. N দ্রবে দ্রাবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকে।

$\therefore$ 100 সি সি. N দ্রবে দ্রাবের $\frac{1}{10}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকিবে।

কিন্তু 1000 সি. সি. $\frac{N}{10}$ দ্রবে $\frac{1}{10}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক থাকে

$\therefore$ 100 সি. সি. N দ্রব, 1000 সি. সি. $\frac{N}{10}$ দ্রবের সহিত সমকার্যকর

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে

$$100 \times N \equiv 1000 \times \frac{N}{10}$$

সুতরাং দেখা গেল যে কোন দ্রবে

আয়তন $\times$ মাত্রা (নরমালে প্রদর্শিত) = একটি নিত্য রাশি।

$\therefore$ V সি. সি. আয়তনের x.N দ্রব = V $\times$ x সি. সি. আয়তনের N দ্রব।

উদাহরণ ৪। 15 সি. সি. ·25 N দ্রব, ·1N দ্রবের কত আয়তনের সমান ?

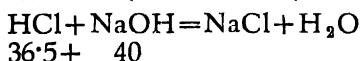
ধর,

·1N v সি. সি.র সমান

$\therefore$ 15 সি. সি. $\times$ ·25N = ·1N $\times$ v সি. সি.

$\therefore$ $v = \frac{15 \times \cdot 25}{\cdot 1} = 37{\cdot}5$ সি. সি.

(২) আমরা জানি যে,

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষারকে প্রশমিত করে এবং এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা তাহার সমান ভগ্নাংশ অ্যাসিড ও ক্ষার তাহাদের দ্রবের একই আয়তনে থাকিলে তাহাদের মাত্রা একই হয়। যেমন—

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$
$$36{\cdot}5 + \quad 40$$

1000 সি. সি. N. HCl দ্রবে 36·5 গ্রাম HCl থাকে

এবং 1000 „ „ N. NaOH দ্রবে 40 গ্রাম NaOH থাকে

$\therefore$ 1000 সি. সি. HClএর N দ্রব, 1000 সি. সি. NaOHএর N দ্রবকে প্রশমিত করে।

এবং 100 সি. সি. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবে ·365 গ্রাম HCl থাকে

ও 100 „ „ $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবে ·4 গ্রাম NaOH থাকে

$\therefore$ 100 সি. সি. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রব, 100 সি. সি. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবকে প্রশমিত করে।

সুতরাং আমরা বুঝিতে পারিলাম যে,

নরমালে প্রদর্শিত সমান মাত্রার সমান আয়তনের অ্যাসিড ও ক্ষারের দ্রব পরস্পরকে প্রশমিত করে।

(৩) ধরা হউক পরীক্ষা করিয়া আমরা বাহির করিয়াছি যে x_1N মাত্রার কোন অ্যাসিডের v_1 সি. সি. দ্রব, x_2N মাত্রার কোন ক্ষারের v_2 সি. সি. দ্রবকে প্রশমিত করে।

প্রথম নীতি হইতে আমরা জানি যে

x_1N মাত্রার v_1 সি. সি. দ্রব $=N$ মাত্রার $v_1 \times x_1$ সি. সি দ্রব

এবং x_2N মাত্রার v_2 সি. সি. দ্রব $=N$ মাত্রার $v_2 \times x_2$ সি. সি. দ্রব

$\therefore$ দ্বিতীয় নীতি অনুসারে

$v_1 \times x_1$ সি. সি. $= v_2 \times x_2$ সি. সি.

$\therefore \quad v_1 \times x_1 N = v_2 \times x_2 N$

অর্থাৎ অ্যাসিডের আয়তন × মাত্রা (নরমালে)

= ক্ষারের আয়তন (যাহা প্রশমিত হইয়াছে) × মাত্রা (নরমালে)

প্রস্তাবিত বহু প্রশ্নের সমাধান এই নীতি অত্যন্ত প্রয়োজনীয়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্বন্ধায় প্রশ্ন ও তাহার সমাধানঃ

১। নরমাল মাত্রার 50 সি. সি. H_2SO_4কে প্রশমিত করিতে কতটা Na_2CO_3-এর প্রয়োজন ?

50 সি. সি. নরমাল মাত্রার H_2SO_4 কে প্রশমিত করিতে

50 সি. সি. নরমাল মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবের প্রয়োজন

কিন্তু 1000 সি. সি. নরমাল মাত্রার Na_2CO_3এর দ্রবে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

সুতরাং 50 „ „ „ „ „ „ „ $\frac{53 \times 50}{1000}$ গ্রাম

অথবা 2·65 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

২। ·1N মাত্রার 20 সি. সি. নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবকে প্রশমিত করিতে 22·5 সি. সি. Na_2CO_3 দ্রবের প্রয়োজন। Na_2CO_3 দ্রবের মাত্রা নরমালে বাহির কর এবং এই দ্রবের 1000 সি.সি.-তে কতটা Na_2CO_3 আছে তাহাও বাহির কর।

∴ তৃতীয় নীতি অনুসারে আমরা জানি যে

$v_1 \times S_1 = v_2 \times S_2$, এখানে v_1 = ক্ষারের দ্রবের আয়তন
v_2 = অ্যাসিডের " "
S_1 = নরমালে ক্ষারের দ্রবের মাত্রা
S_2 = নরমালে অ্যাসিডের দ্রবের মাত্রা

$$\therefore \quad 22{\cdot}5 \times S_1 \equiv 20 \times {\cdot}1 N$$

$$\therefore \quad S_1 = \frac{20 \times {\cdot}1}{22{\cdot}5} N = {\cdot}08888 \text{ N}$$

নরমাল মাত্রার 1 লিটার Na_2CO_3এর দ্রবে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে

∴ ·08888 N মাত্রার 1 লিটার Na_2CO_3 এর দ্রবে $\cdot08888 \times 53$ গ্রাম
= 4·711 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

৩। $\frac{N}{2}$ মাত্রার 18 সি. সি. HCl দ্রবের সহিত 2N মাত্রার 20·6 সি. সি. HCl দ্রব এবং 16·4 সি.সি. $\frac{N}{10}$ মাত্রার HCl দ্রব মিশাইলে নরমালে মিশ্রের মাত্রা কত হইবে ?

$\frac{N}{2}$ মাত্রার 18 সি. সি. দ্রব ≡ N মাত্রার $\frac{18}{2}$ সি. সি. দ্রব = N মাত্রার 9 সি.সি দ্রব

2N „ 20·6 „ „ „ ≡ N „ $20{\cdot}6 \times 2$ " " " = N " 41·2 " " "

$\frac{N}{10}$ „ 16·4 „ „ „ ≡ N „ $\frac{16{\cdot}4}{10}$ " " " = N " 1·64 " " "

∴ (18+20·6+16·4) সি. সি. মিশ্র দ্রব ≡ (9+41·2+1·64) সি. সি.
N মাত্রার দ্রব

অথবা, 55 সি. সি. মিশ্র দ্রব = 51·84 সি. সি. N মাত্রার দ্রব

যদি মিশ্র দ্রবের মাত্রা x ধরা হয়, তবে

$$55 \times x = 51{\cdot}84 \text{ N}$$

$$\therefore \quad x = \frac{51{\cdot}84}{55} N = {\cdot}9345 \text{ N}$$

∴ মিশ্রের মাত্রা = ·9345 N

৪। 20 সি. সি. H_2SO_4এর দ্রব, 3% Na_2CO_3 দ্রবের 21·2 সি. সি.-কে প্রশমিত করে। H_2SO_4এর দ্রবের মাত্রা কি? কি করিয়া এই মাত্রাকে ·1Nএ পরিণত করিবে?

1000 সি. সি. 3% Na_2CO_3এর দ্রবে 30 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে

$\therefore$ এই দ্রবের মাত্রা $= \frac{30}{53}$ N

$\therefore$ $20 \times x = 21{\cdot}2 \times \frac{30}{53}$ N

$\therefore$ $x = \frac{21{\cdot}2 \times 30}{53 \times 20}$ N $= {\cdot}6$N

যদি ধরা যায় যে—

20 সি. সি. ·6Nমাত্রার অ্যাসিড $\equiv$ V সি. সি. ·1N মাত্রার অ্যাসিড,

তাহা হইলে $20 \times {\cdot}6\text{N} = \text{V} \times {\cdot}1\text{N}$

$\therefore$ $\text{V} = 20 \times 6$ সি. সি. $= 120$ সি. সি.

অতএব, 20 সি. সি. এই মাত্রার H_2SO_4এর দ্রবে 100 সি. সি. জল মিশাইলে মিশ্রের মাত্রা ·1N হইবে।

৫। 50 সি. সি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবে, 25 সি. সি. ·82 (N) মাত্রার NaOHএর দ্রব মিশাইবার পর অতিরিক্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে ·09 (N) মাত্রার Na_2CO_3এর দ্রবের 30 সি. সি.-র প্রয়োজন হইলে এই HClএর দ্রবের নরমালে মাত্রা কি এবং ইহার লিটার প্রতি HClএর পরিমাণ কি?

25 সি. সি. ·82N. NaOH দ্রব $= (25 \times {\cdot}82)$ সি. সি. N. NaOH দ্রব

$= 20{\cdot}5$ সি. সি. N. NaOH দ্রব।

30 সি. সি. ·09N মাত্রার Na_2CO_3 দ্রব $= 30 \times {\cdot}09$ সি. সি. N.Na_2CO_3 দ্রব

$= 2{\cdot}7$ সি. সি. N.Na_2CO_3 দ্রব

$\therefore$ N ক্ষার-দ্রবের মোট আয়তন $= (20{\cdot}5 + 2{\cdot}7)$ সি. সি.

$= 23{\cdot}2$ সি. সি.

$\therefore$ 50 সি. সি. HCl দ্রবকে প্রশমিত করিতে 23·2 সি. সি. নরমাল মাত্রার ক্ষার-দ্রবের প্রয়োজন —

$\therefore$ $50 \times x = 23{\cdot}2 \times \text{N}$

$\therefore$ $x = \frac{23{\cdot}2}{50}$ N $= {\cdot}464$ N

ইহার 1 লিটারে $36{\cdot}5 \times {\cdot}464$ গ্রাম $= 16{\cdot}936$ গ্রাম HCl আছে।

প্রশ্নমালা

১। নিম্নোক্ত পদগুলির সংজ্ঞা নির্দেশ কর: প্রশমন, অম্লমিতি, ক্ষারমিতি ও সূচক।

২। সূচক কাহাকে বলে? তাহাদের প্রয়োগের ক্ষেত্র সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। নিম্নোক্ত পদগুলি ব্যাখ্যা কর: প্রমাণ দ্রব, অম্লের ও ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ও অ্যাসিডের নরমাল দ্রব।

৪। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে কোন্ পদার্থ প্রারম্ভিক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে? কি ভাবে ইহার ·1N দ্রব প্রস্তুত করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

৫। H_2SO_4এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলিতে কি বুঝায় তাহা বর্ণনা কর। কি ভাবে ·1N.H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে হয়? এরূপ দ্রবের নিভুর্ল মাত্রা কিভাবে নির্ণয় করিতে হয়?

৬। 6 গ্রাম Na_2CO_3 এক লিটার জলে দ্রবীভূত করিয়া যে দ্রব পাওয়া যায় তাহার 50 সি. সি.-তে যতটা Na_2CO_3 থাকে ততটা Na_2CO_3 যদি Na_2CO_3-এর অন্য একটি দ্রবের 30 সি. সি.-তে থাকে তবে দ্বিতীয় দ্রবের মাত্রা কি?
[·1885N]

৭। 5 সি. সি. গাঢ় H_2SO_4 জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবের আয়তন 500 সি. সি. করা হইয়াছিল। এই লঘু দ্রবের 10·2 সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে ·1N মাত্রার 22·7 সি. সি. Na_2CO_3 দ্রবের প্রয়োজন হইয়াছিল। এই লঘু অ্যাসিড দ্রবের 400 সি. সি.-তে কত সি. সি. জল মিশাইলে তাহার মাত্রা ঠিক ·1N হইবে?

আমরা জানি যে—

10·2 সি. সি. H_2SO_4 দ্রব ≡ 20·7 সি. সি. ·1N. Na_2CO_3 দ্রব

≡ 20·7 সি. সি. ·1N. H_2SO_4 দ্রব

$\therefore$ 400 সি. সি. $H_2SO_4 \equiv \frac{20 \cdot 7 \times 400}{10 \cdot 2}$ সি. সি ·1N. H_2SO_4 দ্রব

≡ 890·2 সি. সি. ·1N. H_2SO_4 দ্রব

সুতরাং এই লঘু H_2SO_4 দ্রবের মাত্রাকে ঠিক ·1N করিতে হইলে ইহার 400 সি. সি. আয়তনে

(890·2 − 400) সি. সি. = 490·2 সি. সি. জল মিশাইতে হইবে।

৮। 16·4 সি. সি. ·1N. HCl দ্রবকে প্রশমিত করিতে কোন অজ্ঞাত মাত্রার 12·5 সি. সি. Na_2CO_3 দ্রবের প্রয়োজন। এই Na_2CO_3 দ্রবের 100 সি. সি.-তে কি আয়তনের জল মিশাইলে মিশ্রের মাত্রা ঠিক ·1N হয়? [31·2 সি. সি.]

৯। 25 সি. সি Na_2CO_3 দ্রবে, 8 সি. সি ·75N. H_2SO_4 দ্রব মিশাইবার পর অবশিষ্ট Na_2CO_3 প্রশমিত করিতে 15 সি. সি. ·8N.HCl দ্রবের প্রয়োজন। Na_2CO_3 দ্রবের মাত্রা কি ? [·72N]

১০। একটি গাঢ় H_2SO_4 দ্রবে 77·2% বিশুদ্ধ H_2SO_4 আছে। ইহার ঘনত্ব 1·7। 1 লিটার ·1N প্রমাণ H_2SO_4 দ্রব প্রস্তুত করিতে হইলে এই গাঢ় H_2SO_4 দ্রবের কি আয়তনের প্রয়োজন ? [3·73 সি. সি.]

১১। বিশুদ্ধ H_2SO_4এর ঘনত্ব 1·522। 100 গ্রাম KOHকে প্রশমিত করিতে কি আয়তনের বিশুদ্ধ H_2SO_4এর প্রয়োজন ? [73·9 সি. সি.]

১২। প্রতি লিটার দ্রবে 5 গ্রাম H_2SO_4 আছে এমন একটি দ্রবের 50 সি. সি.-তে যে পরিমাণ H_2SO_4 থাকে তাহা যদি অপর একটি দ্রবের 100 সি. সি.-তে থাকে তবে অপর দ্রবের মাত্রা কত ও তাহার এক লিটার আয়তনে কি পরিমাণ অ্যাসিড আছে ? [·051N ; 2·5 গ্রাম]

১৩। একটি H_2SO_4এর দ্রবে প্রতি লিটার 4·9 গ্রাম H_2SO_4 আছে ; এই দ্রবের 100 সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে 10% Na_2CO_3এর দ্রবের কত আয়তনের প্রয়োজন ? [5·3 সি. সি.]

১৪। একটি NaOHএর দ্রবের প্রতি লিটারে 4·74 গ্রাম NaOH থাকিলে এই দ্রবের 60 সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপের ও উষ্ণতার কি আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের প্রয়োজন ?

এই দ্রবের 60 সি.সি.-তে $\frac{4·74 \times 60}{1000}$ গ্রাম = ·2844 গ্রাম NaOH আছে।

কিন্তু আমরা জানি যে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl দ্বারা প্রশমিত হয়। অর্থাৎ 40 গ্রাম NaOHকে প্রশমিত করিতে 36·5 গ্রাম HCl এর প্রয়োজন।

অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প হইতে জানা যায় যে—

36·5 গ্রামের HCl গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার

সুতরাং 40 গ্রাম NaOHকে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার HCl গ্যাসের প্রয়োজন।

∴ ·2844 গ্রাম NaOHকে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায়

$\frac{·2844 \times 22·4}{40}$ লিটার HCl গ্যাসের প্রয়োজন।

= ·1592 লিটার HCl গ্যাসের প্রয়োজন।

১৫। 10% NaOH দ্রবের 50 সি. সি.-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় কি আয়তনের HCl গ্যাসের প্রয়োজন? [2·8 লিটার]

১৬। 10 গ্রাম অবিশুদ্ধ NaOHএ শতকরা 95 ভাগ বিশুদ্ধ NaOH আছে। ইহা 200 সি. সি. পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া তাহাতে 50 সি. সি. 1·5 N মাত্রার HCl দ্রব দেওয়া হইয়াছে। তারপর মিশ্রের আয়তন 500 সি. সি. করা হইলে উহা আম্লিক না ক্ষারীয় হইবে? উহার মাত্রা কি?

[ক্ষারীয়; ·325N]

১৭। 1·35 ঘনত্ব বিশিষ্ট একটি NaOH দ্রবে 28·8% NaOH থাকিলে ইহার 100 সি. সি. দ্রবকে প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ HClএর প্রয়োজন।

এই NaOH দ্রবের 100 সি. সি.-র ওজন $= 100 \times 1{\cdot}35$ গ্রাম

ইহাতে NaOHএর পরিমাণ $= \dfrac{100 \times 1{\cdot}35 \times 28{\cdot}8}{100}$ গ্রাম

$= 38{\cdot}38$ গ্রাম।

এই পরিমাণ NaOH কে প্রশমিত করিতে

$\dfrac{38{\cdot}38 \times 36{\cdot}5}{40}$ গ্রাম

$= 30{\cdot}02$ গ্রাম HClএর প্রয়োজন।

১৮। 1·17 ঘনত্ব বিশিষ্ট HCl দ্রবে 33·4% HCl আছে। প্রতি সি. সি.-তে ·082 গ্রাম NaOH বিশিষ্ট একটি NaOH দ্রবের 5 লিটারকে প্রশমিত করিতে উক্ত HCl দ্রবের কত আয়তনের প্রয়োজন? [490·36 সি. সি.]

পঞ্চদশ অধ্যায়

পরমাণুর গঠন (Structure of Atom)

ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথম দশকে জন ডালটন তাঁহার পরমাণুবাদ প্রচার করেন। তাঁহার মতানুসারে পরমাণুই হইল বিভিন্ন মৌলের ক্ষুদ্রতম ও অবিভাজ্য অংশ যাহা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। কিন্তু ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দশকে এবং বিংশ শতাব্দীর প্রথম পাদে এমন কতকগুলি পরীক্ষালব্ধ তথ্য আবিষ্কৃত হইয়াছে যে এখন আর পরমাণুকে পদার্থের অবিভাজ্য অংশ বলা

যাইতে পারে না, যদিও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থের ক্ষুদ্রতম বা আন্তিক কণিকারূপে এখনও ইহা বিবেচিত হইয়া থাকে'। 'এই সময়ের মধ্যে ক্যাথোড-রশ্মি (Cathode rays), X-রশ্মি (X-Rays) এবং ইউরেনিয়ম, রেডিয়ম প্রভৃতি তেজষ্ক্রিয় মৌল আবিষ্কৃত হইয়াছে এবং নানারূপ পরীক্ষায় ব্যবহৃত হইয়াছে। এই সমস্ত আবিষ্কার ও পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা হইয়াছে যে মৌলের পরমাণু প্রোটন, নিউট্রন, ইলেকট্রন ও পজিট্রন নামক চারি প্রকার ক্ষুদ্রতর কণিকার সমবায়ে গঠিত এক প্রকার বিমিশ্র ও অপেক্ষাকৃত বৃহত্তর কণিকা। ইহা বস্তুতে ঠাসা ভরাট বা নিরেট কণিকা নহে ; ইহা ফাঁপা। ইহার ভিতরে উপরোক্ত কণিকা চতুষ্টয়ের আয়তনের তুলনায় বিরাট ফাঁকা স্থান আছে।

ইলেকট্রন (Electron) : দুই প্রান্তে তড়িৎ-দ্বার যুক্ত একটি কাচের নল হইতে বাতাস খালি করিয়া, তাহাতে ·01 এম. এম. চাপ হইতেও কম চাপে কোন গ্যাস প্রবেশ করাইয়া তাহার মুখ গলাইয়া বন্ধ করিবার পর অত্যধিক প্রভব-বিভেদে (Difference of Potential) তাহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ পরিচালনা করিলে ক্যাথোড হইতে একপ্রকার অদৃশ্য রশ্মি নির্গত হইয়া ভীমবেগে অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয়। ইহাকে **ক্যাথোড রশ্মি** বলে। পদার্থবিদ্‌গণ পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করিয়াছেন যে এই রশ্মি অতি ক্ষুদ্র অপরা বিদ্যুৎ কণিকার সমষ্টি। এই কণিকাকে **ইলেকট্রন** (Electron) বলে। ইহার ভর, $9{\cdot}1055 \times 10^{-28}$ গ্রাম। অর্থাৎ ইহার ভর, হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের ($1{\cdot}6734 \times 10^{-24}$ গ্রাম) 1837 ভাগের 1 ভাগ। ইহাকে বর্তুলাকার মনে করিলে ইহার কার্যকর ব্যাসার্ধ 2×10^{-13} সি. এম.। ইহাতে অবস্থিত অপরা বিদ্যুতের পরিমাণকে এক একক ধরা হয়। ক্যাথোড-নলে যে প্রকৃতিরই গ্যাসীয় পদার্থ রাখা হউক না কেন এবং ক্যাথোড যে পদার্থ দ্বারাই প্রস্তুত করা হউক না কেন সকল ক্ষেত্রেই ক্যাথোড হইতে ইলেকট্রন স্রোত নির্গত হইয়া অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয়। সুতরাং ইহাতে প্রমাণিত হয় যে সকল প্রকার পরমাণু হইতে ইলেকট্রন উৎপন্ন হইয়া থাকে। অর্থাৎ ইলেকট্রন সকল শ্রেণীর পরমাণুর একটি উপাদান।

প্রোটন (Proton) : প্রতি পরমাণুতে অপরা বিদ্যুৎযুক্ত ইলেকট্রন থাকিলেও উহা সামগ্রিকভাবে বিদ্যুৎ-উদাসীন। সুতরাং ইহা ধরা যাইতে পারে যে উহাতে ইলেকট্রনের বিপরীত ধর্মী পরা বিদ্যুৎ কণিকাও বিদ্যমান ; নতুবা উহা বিদ্যুৎ-উদাসীন হইতে পারে না। বিজ্ঞানীগণ নানাবিধ পরীক্ষায় জানিতে পারিয়াছেন যে সমস্ত পরমাণুতে একপ্রকার পরা বিদ্যুৎ কণিকা বিদ্যমান। ইহাকে প্রোটন বলে। ইহা অনোদক (Not hydrated) এবং নগ্ন হাইড্রোজেন আয়ন H^+ হইতে

অভিন্ন। সুতরাং ইহার ভর প্রায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান (1.6734×10^{-24} গ্রাম)। ইহার পরা বিদ্যুতের পরিমাণকে এক একক পরা বিদ্যুৎ বলিয়া গণ্য করা হয়। ইহা ইলেকট্রনের অপরা বিদ্যুতের পরিমাণের সমান। ইহার কার্যকর ব্যাসার্ধ 10^{-16} সি. এম.। সুতরাং ইহার আয়তন ইলেক্‌ট্রনের আয়তনের 1000 ভাগের এক ভাগ।

নিউট্রন (**Neutron**)ঃ 1932 খৃষ্টাব্দে চ্যাড্‌উইক (Chadwick) প্রমাণ করিয়াছেন যে α-কণিকার আঘাতে লঘু পারমাণবিক ভর যুক্ত মৌলের পরমাণু হইতে আর একপ্রকার **বিদ্যুৎ-উদাসীন** কণিকা উৎপন্ন হইয়া থাকে। ইহাকে **নিউট্রন** বলে। ইহার ভর হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভরের সমান। ইহা হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্য সমস্ত মৌলের পরমাণুতে বিদ্যমান।

পজিট্রন (**Positron**)ঃ 1932 খৃষ্টাব্দে কার্ল অ্যাণ্ডার্সন (Carl Anderson) তাঁহার মেঘ কক্ষের (Cloud chamber) পরীক্ষায় পরমাণুর আর একপ্রকার অত্যল্পকাল স্থায়ী উপাদান-কণিকার অস্তিত্ব প্রমাণ করিয়াছেন। ইহাকে পজিট্রন বলে। ইহা ইলেকট্রনের ঠিক বিপরীত কণিকা। ইহাও এক প্রকার পরা বিদ্যুৎ কণিকা। ইহার বিদ্যুতের পরিমাণ প্রোটনের বিদ্যুতের পরিমাণের সমান কিন্তু ইহার ভর ইলেকট্রনের ভরের সমান।

তেজস্ক্রিয়তা (**Radio-Activity**)ঃ 1896 খৃষ্টাব্দে হেন্‌রী বেকারেল (**Henri Becquerel**) গুরু পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট মৌলের এক প্রকার স্বতঃস্ফূর্ত অদৃশ্য তেজ-বিকিরণ আবিষ্কার করিয়াছিলেন যাহা পরমাণুর বিমিশ্র প্রকৃতি ব্যক্ত করিয়াছে। তিনি লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে কাল কাগজে মোড়া আলোকচিত্রীয় কাচফলক (Photographic plate) ইউরেনিয়ম যৌগের নিকটে রাখিলে তাহা একপ্রকার অদৃশ্য রশ্মিদ্বারা আক্রান্ত হয়। ইউরেনিয়ম যৌগ হইতে নির্গত অদৃশ্য রশ্মির বেশী অংশই চৌম্বক ও বৈদ্যুতিক শক্তিদ্বারা নির্গম পথ হইতে দুইটি বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যায়। এই প্রকার স্বতঃস্ফূর্ত অদৃশ্য তেজ-বিকিরণের গুণকে **তেজস্ক্রিয়তা** (**Radio-Activity**) বলে এবং যে মৌলে এই গুণ পরিলক্ষিত হয় তাহাকে **তেজস্ক্রিয় মৌল** (Radio Active Element) বলে। ইউরেনিয়ম, রেডিয়ম, থোরিয়ম প্রভৃতি মৌল এই শ্রেণীর অন্তর্গত। বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় মৌলের ভিন্ন ভিন্ন যৌগ পরীক্ষা করিয়া প্রমাণিত হইয়াছে যে এই তেজ-রশ্মির উগ্রতা নির্ভর করে তেজস্ক্রিয় যৌগে অবস্থিত শুধু তেজস্ক্রিয় মৌলের অনুপাতের উপর, কিন্তু যৌগের অন্য উপাদান সাধারণ মৌলের প্রকৃতি বা অনুপাতের উপর ইহা একেবারেই নির্ভর করে না। সুতরাং এই তেজস্ক্রিয়তা তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুরই গুণ। অর্থাৎ ইহা একটি পারমাণবিক গুণ।

এই তেজ-রশ্মি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে যে α (আল্‌ফা), β (বিটা) ও γ (গামা) নামক তিন শ্রেণীর রশ্মি ইহাতে বিদ্যমান।

(ক) **α-রশ্মি :** সম্পূর্ণ রশ্মি চৌম্বক ও বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে ইহার এক অংশ একদিকে বাঁকিয়া যায়। নানা পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে এই অংশ এক শ্রেণীর পদার্থ-কণিকা দ্বারা গঠিত, যাহার প্রত্যেকটির ভর প্রোটনের ভরের চারগুণ ; প্রত্যেকটি পরা বিদ্যুৎযুক্ত, যাহার পরিমাণ প্রোটনের বিদ্যুতের পরিমাণের দুই গুণ। সুতরাং ইহা হিলিয়ম গ্যাসের পরমাণু-কেন্দ্র বা নিউক্লিয়স (Nucleus) হইতে অভিন্ন। ইহাকে **α-কণিকা** (α-particle) বলে এবং ইহাদের দ্বারা গঠিত রশ্মিকে **α-রশ্মি** বলে। ইহা গ্যাসকে আয়নিত করিতে পারে, পাতলা ধাতব চাদর ভেদ করিয়া চলিয়া যাইতে পারে এবং ইহার দ্বারা আলোকচিত্রীয় কাঁচ-ফলক আক্রান্ত হয়। ইহা শেষ পর্যন্ত হিলিয়ম-পরমাণুতে পরিণত হয়। সুতরাং ভারী ও তেজস্ক্রিয় পরমাণুর স্বতঃবিভাজনের দ্বারা ইহা সৃষ্ট হইয়া থাকে। ইহাদ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পরমাণু ক্ষুদ্রতম, আন্তিক ও অবিভাজ্য কণিকা নহে এবং ইহা বিভিন্ন ক্ষুদ্রতর কণিকার সমবায়ে গঠিত একটি বিমিশ্র ও অপেক্ষাকৃত বৃহদাকার কণিকা।

(খ) **β-রশ্মি :** চৌম্বক ও বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে পূর্ণ তেজ-রশ্মির অপর একটি অংশ α-রশ্মি যে দিকে বাঁকিয়া যায় তাহার বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যায়। পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে যে এই অংশ এমন সমস্ত ক্ষুদ্র কণিকা দ্বারা গঠিত, যাহার প্রত্যেকটি অপরা বিদ্যুৎযুক্ত এবং প্রত্যেকটির ভর ও বিদ্যুতের পরিমাণ ইলেকট্রনের ভর ও বিদ্যুতের পরিমাণের সমান। অর্থাৎ ইহারা ইলেকট্রন হইতে অভিন্ন। এই সমস্ত কণিকাকে **β-কণিকা** (β-particles) এবং ইহাদের দ্বারা গঠিত অংশকে **β-রশ্মি** বলে। α-কণিকা হইতে ইহাদের বস্তু ভেদ করিবার ক্ষমতা বেশী, কিন্তু গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা কম। ইহাদের দ্বারাও আলোকচিত্রীয় কাচ-ফলক আক্রান্ত হয়।

(গ) **γ-রশ্মি :** চৌম্বক ও বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে পূর্ণ তেজ-রশ্মির অবশিষ্ট অংশ কোন দিকে না বাঁকিয়া সোজাপথে অগ্রসর হয়। এই অংশকে **γ-রশ্মি** বলে। ইহা কোনরূপ পদার্থ কণিকা দ্বারা গঠিত নহে। ইহা তাড়িত-চৌম্বকধর্মী অতি ক্ষুদ্র (10^{-8} সি. এম.—10^{-10} সি. এম.) তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যযুক্ত তরঙ্গের সমষ্টি। ইহাদের দ্বারাও আলোকচিত্রীয় কাচ-ফলক আক্রান্ত হয়। β-রশ্মি অপেক্ষা ইহাদের বস্তুভেদ করিবার ক্ষমতা অত্যধিক। কিন্তু ইহাদের গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা অত্যন্ত অল্প।

পরমাণু গঠনের আধুনিক মতবাদ ঃ বিজ্ঞানীদের মতে প্রত্যেক পরমাণুর ঠিক মধ্যস্থলে অতি ক্ষুদ্র আয়তনের মধ্যে তাহার প্রায় সমগ্র ভর ঘনীভূত অবস্থায় থাকে। এই অতি ক্ষুদ্রায়তনের ঘনীভূত বস্তু সমষ্টি পরা বিদ্যুৎযুক্ত। ইহার ব্যাসার্ধ 10^{-12} সি. এম. ও 10^{-13} সি. এম.-এর মধ্যে। ইহাকে **পরমাণু-কেন্দ্র** বা **নিউক্লিয়স** (Nucleus) বলে। হাইড্রোজেনের পরমাণু-কেন্দ্র শুধু মাত্র একটি প্রোটন দ্বারা গঠিত। কিন্তু অন্যান্য মৌলের পরমাণু-কেন্দ্র প্রোটন ও নিউট্রন এই দুইপ্রকার কণিকা দ্বারা গঠিত। পরমাণুর ভর নির্ভর করে এই উভয়বিধ কণিকার সংখ্যার উপর। কিন্তু পরমাণু কেন্দ্রের পরা বিদ্যুতের পরিমাণ নির্ভর করে প্রোটনের সংখ্যার উপর। সুতরাং কেন্দ্রস্থিত প্রোটনের সংখ্যাই নির্ধারণ করে পরমাণু কেন্দ্রের পরা বিদ্যুতের এককের সংখ্যা। যেমন হিলিয়ম পরমাণু-কেন্দ্রে (α-কণিকা) 2 একক পরা বিদ্যুৎ আছে এবং ইহার ভর 4 ; সুতরাং ইহাতে দুইটি প্রোটন ও দুইটি নিউট্রন আছে।

পর্যায় সারণীতে মৌলের স্থান-নির্দেশক ক্রমিক সংখ্যাকে তাহার **পরমাণু-ক্রমাঙ্ক** (Atomic Number) বলে। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা গিয়াছে যে পরমাণুর কেন্দ্রস্থিত পরা বিদ্যুতের এককের সংখ্যা পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সমান। সেইজন্য উভয়কে অনেক সময়ে অভিন্ন ধরা হয়। অর্থাৎ কেন্দ্রস্থিত পরা বিদ্যুতের এককের সংখ্যাকেই মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বলা হয়। ইহা N দ্বারা ব্যক্ত হইয়া থাকে। সুতরাং কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ভর যদি W হয় এবং তাহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যদি N হয় তবে উহার পরমাণুকেন্দ্রে Nটি প্রোটন ও (W – N)টি নিউট্রন থাকিবে।

সামগ্রিকভাবে মৌলের পরমাণু তড়িৎ উদাসীন। সুতরাং ইহাতে যত সংখ্যক প্রোটন বিদ্যমান, তত সংখ্যক ইলেকট্রনও থাকিবে। অর্থাৎ ইহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক নির্ধারণ করে ইহাতে অবস্থিত ইলেকট্রনের সংখ্যা। এই সমস্ত ইলেকট্রন কেন্দ্রস্থিত প্রোটন ও নিউট্রনসহ একত্রে পরমাণুকেন্দ্রে অবস্থান করে না। গ্রহগুলি যেমন সূর্যের চতুর্দিকে ঘূর্ণায়মান অবস্থায় আছে, ইহারাও তেমনি কেন্দ্রকে ঘিরিয়া ইহার আয়তনের তুলনায় অতি দূরবর্তী বিভিন্ন সমকেন্দ্রিক ও উপবৃত্তাকার (Elliptical) কক্ষে অতি বেগে ঘূর্ণায়মান অবস্থায় বিদ্যমান। সেইজন্য ইহাদিগকে কক্ষীয় (Orbital) বা গ্রহমণ্ডলীয় (Planetary) ইলেকট্রন বলে। সুতরাং এই গঠন চিত্রানুসারে পরমাণু নিরেট নহে। ইহার ভিতরে কেন্দ্রের আয়তনের তুলনায় অতি বৃহৎ শূন্য স্থান বিদ্যমান।

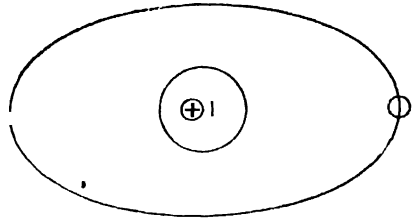
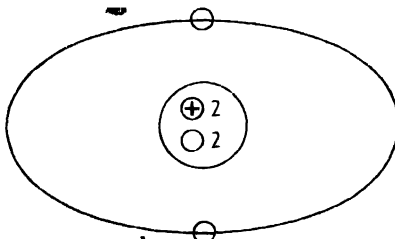
বিভিন্ন কক্ষের ইলেকট্রনের সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন নির্দিষ্ট সংখ্যার অতিরিক্ত হইতে পারে না। পরমাণু-কেন্দ্রের নিকটতম প্রথম কক্ষে দুইটির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে

পারে না। দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ কক্ষে যথাক্রমে 8, 18 ও 32টির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না। কিন্তু তৃতীয় ও চতুর্থ কক্ষ যখন কোন পরমাণুর বাহিরের কক্ষরূপে কার্য করে তখন তাহাতে 8টির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না। মৌলের রাসায়নিক গুণ নির্ভর করে তাহার পরমাণুতে অবস্থিত প্রোটন বা ইলেকট্রনের সংখ্যার ও ইলেকট্রনের সজ্জা বা বিন্যাসের উপর।

কয়েকটি পরিচিত মৌলের পারমাণবিক গঠন : (১) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর ও পরমাণু-কন্দ্রে শুধুমাত্র 1টি প্রোটন আছে। ইহাকে কেন্দ্র করিয়া মাত্র একটি ইলেকট্রন একটি উপবৃত্তাকার কক্ষে ঘুরিতেছে (চিত্র—৩১)।

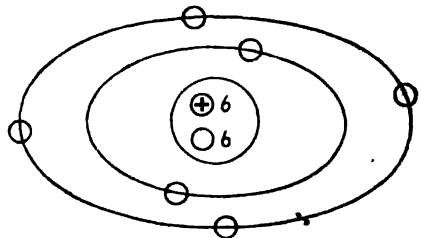
হাইড্রোজেন

চিত্র—৩১

⊕2
○2

হিলিয়ম

চিত্র—৩২

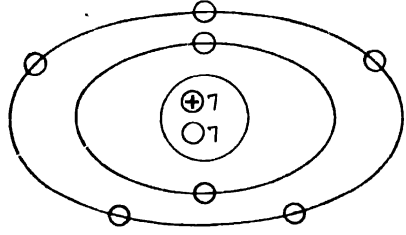
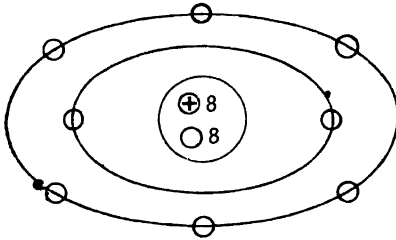
(২) হিলিয়মের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2 এবং ইহার পারমাণবিক ভর 4। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন আছে এবং ইহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া 2টি ইলেকট্রন প্রথম কক্ষে ঘুরিতেছে (চিত্র—৩২)।

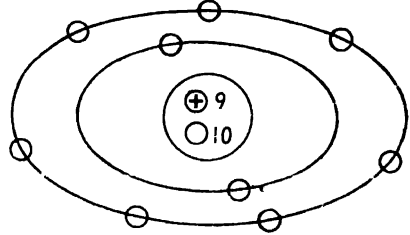
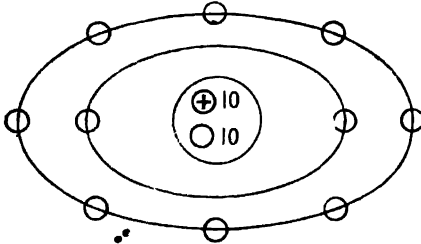
(৩) কারবনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 6 ও ইহার পারমাণবিক ভর 12। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে 6টি প্রোটন ও 6টি নিউট্রন আছে এবং ইহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া 6টি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন আছে। এই 6টি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের মধ্যে 2টি আছে প্রথম কক্ষে এবং বাকী 4টি আছে দ্বিতীয় কক্ষে (চিত্র—৩৩)।

কারবন

চিত্র—৩৩

(৪) নাইট্রোজেনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 7 এবং ইহার পারমাণবিক ভর 14। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে 7টি প্রোটন ও 7টি নিউট্রন আছে এবং ইহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া আছে প্রথম ও দ্বিতীয় কক্ষে যথাক্রমে 2টি ও 5টি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন (চিত্র—৩৪)।

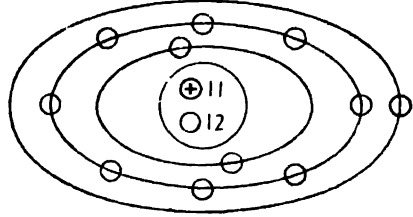
চিত্র—৩৪

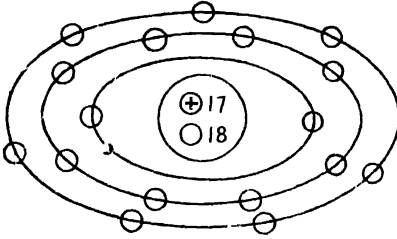
(৫) অক্সিজেনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 8 এবং ইহার পারমাণবিক ভর 16। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে আছে 8টি প্রোটন ও 8টি নিউট্রন এবং ইহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া আছে প্রথম ও দ্বিতীয় কক্ষে যথাক্রমে 2টি ও 6টি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন (চিত্র—৩৫)।

চিত্র—৩৫

(৬) ফ্লোরিণের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 9 এবং ইহার পারমাণবিক ভর 19। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে আছে 9টি প্রোটন ও 10টি নিউট্রন এবং ইহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া আছে প্রথম ও দ্বিতীয় কক্ষে যথাক্রমে 2টি ও 7টি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন (চিত্র—৩৬)।

চিত্র—৩৬

(৭) নিয়নের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 10 এবং ইহার পারমাণবিক ভর 20। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে আছে 10টি প্রোটন ও 10টি নিউট্রন এবং ইহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া আছে প্রথম ও দ্বিতীয় কক্ষে যথাক্রমে 2টি ও 8টি ইলেকট্রন (চিত্র—৩৭)।

চিত্র—৩৭

নিয়নের পরমাণুতে দ্বিতীয় কক্ষের নির্দিষ্ট ইলেকট্রনের সংখ্যা পূর্ণ হইয়াছে। ইহার পরের মৌল হইতে তৃতীয় কক্ষে ইলেকট্রন অবস্থান করিতে আরম্ভ করিয়াছে।

(৮) সোডিয়মের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 11 এবং তাহার পারমাণবিক ভর 23। সুতরাং ইহার কেন্দ্রে আছে 11টি প্রোটন ও 12টি নিউট্রন। তাহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া আছে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় কক্ষে যথাক্রমে 2টি, 8টি ও 1টি ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন (চিত্র—৩৮)।

সোডিয়ম

চিত্র—৩৮

(৯) ক্লোরিণের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 17 এবং তাহার পারমাণবিক ভর 35। সুতরাং তাহার কেন্দ্রে আছে 17টি প্রোটন ও 18টি নিউট্রন। তাহার কেন্দ্রকে ঘিরিয়া আছে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় কক্ষে যথাক্রমে 2টি, 8টি ও 7টি ইলেকট্রন (চিত্র—৩৯)।

ক্লোরিণ

চিত্র—৩৯

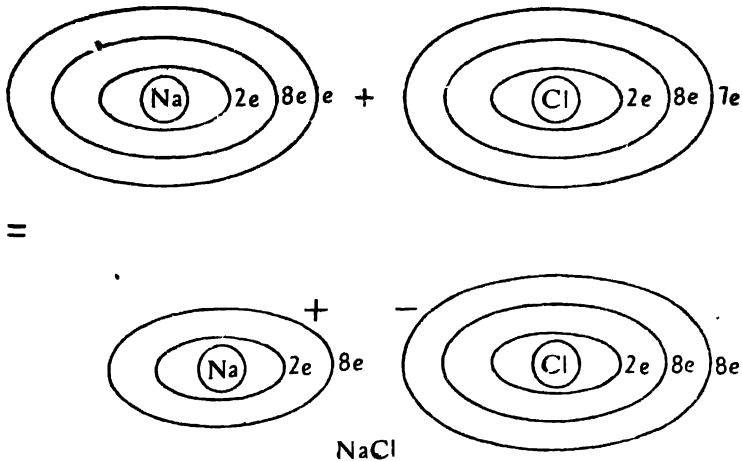
সমস্থানিক (Isotopes): পূর্বেই উক্ত হইয়াছে যে মৌলের রাসায়নিক গুণ নির্ভর করে তাহার পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যার উপর। সুতরাং মৌলের প্রতিটি পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকিবে। কিন্তু এমন মৌলও থাকিতে পারে যাহার বিভিন্ন পরমাণুতে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকিলেও নিউট্রনের সংখ্যা ভিন্ন হইতে পারে। এইরূপ মৌলে ভিন্ন ভিন্ন ভরবিশিষ্ট পরমাণু থাকিবে। একই মৌলের এইরূপ একই কেন্দ্রীয় পরা বিদ্যুৎ সমন্বিত, কিন্তু বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন পরমাণুকে **সমস্থানিক** (Iso সমান; topes স্থান) বলে। কারণ পর্যায় সারণীতে একই মৌলের এইরূপ বিভিন্ন পরমাণু একই স্থানে অবস্থান করে। বাস্তব ক্ষেত্রে বহু পরিচিত মৌলের এইরূপ একাধিক সমস্থানী পরমাণু পাওয়া গিয়াছে। যেমন হাইড্রোজেনেই সাধারণতঃ দুই শ্রেণীর সমস্থানী পরমাণু আছে। ইহার বেশীর ভাগ পরমাণুর কেন্দ্রে শুধুমাত্র একটি প্রোটন থাকে। কিন্তু ইহার অল্প সংখ্যক পরমাণুর কেন্দ্র 1টি প্রোটন ও একটি নিউট্রন সমবায়ে গঠিত। সুতরাং ইহার বেশীর ভাগ পরমাণুরই ভর 1। কিন্তু

ইহার অল্পসংখ্যক পরমাণুর ভর 2 হইবে। সুতরাং সামগ্রিকভাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1 হইতে সামান্য কিছু বেশী। সাধারণতঃ ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008 ধরা হয়। শুধু 2 ভরযুক্ত পরমাণু সমবায়ে গঠিত হাইড্রোজেনকে ভারী (Heavy) হাইড্রোজেন বলে এবং ইহা হইতে গঠিত জলকে ভারী জল বলে। এই ভারী জল পারমাণবিক বোমা প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন হয়। ক্লোরিণে দুই শ্রেণীর সমস্থানিক বর্তমান। এক শ্রেণীর সমস্থানিকের পারমাণবিক ভর 35 ; ইহারই অনুপাত বেশী। দ্বিতীয় শ্রেণীর সমস্থানিকের পারমাণবিক ভর 37। সাধারণ ক্লোরিণে শেষোক্ত সমস্থানিকের অনুপাত অত্যন্ত অল্প। সেইজন্য ক্লোরিণের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5 পাওয়া গিয়াছে।

যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ

তাড়িত-যোজ্যতা (Electro-Valency) এবং **সহ-যোজ্যতা** (**Co-Valency**) **:** ভিন্ন মৌলের দুইটি পরমাণুর মধ্যে যখন রাসায়নিক সংযোগ ঘটে তখন শুধু দুইটি পরমাণুর বাহিরের কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনেরাই ইহাতে অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। ইহা ভিন্ন সকল মৌলেরই একটি সাধারণ গুণ আছে। প্রত্যেক মৌলই তাহার বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রন অপর মৌলের পরমাণুকে দান করিয়া অথবা অপর মৌলের পরমাণু স্বীয় বাহির কক্ষে গ্রহণ করিয়া তাহার নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস পাইতে চেষ্টা করে। বাতাসে অবস্থিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসীয় মৌল হিলিয়ম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপটন ও জেননের পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রনের সংখ্যা যথাক্রমে 2 ও 8। যদি কোন মৌলের পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রনের সংখ্যা কম থাকে, তবে সে এই ইলেকট্রন অপরকে দান করিতে চেষ্টা করে। অপরপক্ষে যদি কোন মৌলের পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রনের সংখ্যা বেশী থাকে, তবে সে ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে চেষ্টা করে। নানাভাবে প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে যে হাইড্রোজেন ও ধাতব মৌলের পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রন কম। সেইজন্য এই শ্রেণীর মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করিতে চেষ্টা করে। ইহাদিগকে পরা বিদ্যুৎ ধর্মী (Electro-positive) মৌল বলে। অপর পক্ষে অধাতু মৌলের পরমাণুর বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রনের সংখ্যা বেশী। সুতরাং এই শ্রেণীর মৌল ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে চেষ্টা করে। ইহাদিগকে অপরা বিদ্যুৎ ধর্মী (Electro-negative) মৌল বলে।

ভিন্ন মৌলের দুইটি পরমাণুর রাসায়নিক সংযোগের সময় তাহাদের বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রনের এই আদান প্রদান দুইভাবে ঘটিতে পারে। (১) কোন কোন ক্ষেত্রে এক বা একাধিক ইলেকট্রন ধাতব পরমাণুর বাহিরের কক্ষ হইতে অধাতব

পরমাণুর বাহিরের কক্ষে স্থানান্তরিত হয়, যাহার ফলে ধাতব পরমাণুর অবশিষ্টাংশ এবং অধাতব পরমাণুর ইলেকট্রন প্রাপ্তাংশ যথাক্রমে পরা ও অপরা বিদ্যুৎযুক্ত অবস্থায় নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন-সজ্জা গ্রহণ করে এবং পরস্পরের মধ্যে তাড়িত আকর্ষণ উদ্ভূত হওয়ায় একত্রে সংযুক্ত থাকে। তাড়িত আকর্ষণ উদ্ভূত এইরূপ যোজ্যতাকে **তাড়িত-যোজ্যতা** বলে। যেমন সোডিয়ম ও ক্লোরিণ পরমাণুর সংযুক্তির ফলে এক অণু খাদ্য-লবণ প্রস্তুত হয়। এই সংযুক্তিতে সোডিয়ম পরমাণুর বাহিরের কক্ষের একমাত্র পরমাণু ঐ কক্ষ ত্যাগ করিয়া ক্লোরিণের পরমাণুর 7 ইলেকট্রনযুক্ত বাহিরের কক্ষে সঞ্চারিত হয়, যাহার ফলে সোডিয়মের পরমাণু পরা বিদ্যুৎযুক্ত হইয়া নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের স্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস গ্রহণ করে এবং ক্লোরিণের পরমাণু অপরা বিদ্যুৎযুক্ত হইয়া 8 ইলেকট্রন সমন্বিত বাহিরের কক্ষযুক্ত নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস আরগনের ইলেকট্রন-সজ্জা গ্রহণ করে। এই অবস্থায় পরস্পরের মধ্যে তাড়িত আকর্ষণ হেতু ইহারা একত্রে অবস্থান করিয়া খাদ্য-লবণ সোডিয়ম ক্লোরাইডের অণু সৃষ্টি করে (চিত্র—৪০)।

চিত্র—৪০

এখানে e দ্বারা একটি ইলেকট্রন বুঝান হইয়াছে।

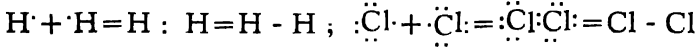
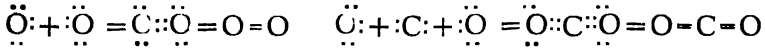
এইরূপে সৃষ্ট যৌগের অণু জলে দ্রবীভূত করিলে বা গলাইলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নে বিভক্ত হয়: $NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + Cl^{-}$

(২) আবার কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর বাহিরের কক্ষের এক বা একাধিক ইলেকট্রন উভয়েই অংশীদাররূপে ভোগ করিতে থাকে।

এইরূপ অংশীদাররূপে ইলেকট্রন ভোগের মাধ্যমে যে যোজ্যতা প্রকাশ পায় তাহাকে **সহ-যোজ্যতা** বলে। যেমন,

$$H^{\cdot}+{}^{\cdot}H=H:H=H-H\ ;\ :\ddot{Cl}\cdot+\cdot\ddot{Cl}:=:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:=Cl-Cl$$

হাইড্রোজেন-অণু ক্লোরিণ-অণু

$$\ddot{O}:+:\ddot{O}=\ddot{O}::\ddot{O}=O=O \quad \ddot{O}:+:C:+:\ddot{O}=\ddot{O}::C::\ddot{O}=O=C=O$$

অক্সিজেন-অণু কারবন ডাই-অক্সাইড-অণু

এখানে একটি বিন্দু দ্বারা বাহিরের কক্ষের একটি ইলেকট্রন বুঝাইতেছে। এইরূপে সৃষ্ট অণু আয়নিত হয় না। এইরূপ যোজ্যতার বন্ধন তাড়িত-যোজ্যতার বন্ধন হইতে দৃঢ়।

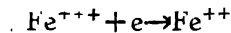
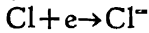
জারণ (Oxidation) ও বিজারণ (Reduction): ইলেকট্রনীয় বিবেচনা অনুসারে **যখন কোন পরমাণু ও আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ করে তখন এই প্রক্রিয়াকে জারণ** বলে। যেমন সোডিয়ম পরমাণু জলের সহিত বিক্রিয়ায় একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া একটি সোডিয়ম আয়ন গঠিত করে। সোডিয়ম পরমাণুর এইরূপ পরিবর্তনকে জারণ বলে। অথবা এক্ষেত্রে বলা হয় যে সোডিয়ম পরমাণু জারিত হইয়াছে।

$$Na \rightarrow Na^{+} + e$$

ফেরাস আয়ন (Fe^{++}) যখন একটি ইলেকট্রন হারাইয়া ফেরিক আয়নে (Fe^{+++}) পরিণত হয় তখনও এই প্রক্রিয়াকে জারণ বলে।

$$Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + e$$

অপর পক্ষে যখন কোন পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তখন তাহাকে **বিজারণ** বলে।

$$Cl + e \rightarrow Cl^{-} \qquad Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে জারণ ও বিজারণ দুইটি বিপরীতমুখী প্রক্রিয়া:

প্রশ্নমালা

১। কি কি আস্তিক কণায় মৌলের পরমাণু গঠিত? ইহাদের সম্বন্ধে যাহা জান বর্ণনা কর। ২। ডালটনের পরমাণুবাদের যে মূল পরিবর্তন হইয়াছে তাহার সম্বন্ধে বিশেষ বর্ণনা কর। ৩। তেজস্ক্রিয় পদার্থ কাহাকে বলে। তেজস্ক্রিয়তা যে একটি পারমাণবিক গুণ তাহা কিভাবে প্রমাণ করা যায়? কয়েকটি তেজস্ক্রিয় মৌলের নাম কর। ৪। α, β ও γ-রশ্মি সম্বন্ধে যাহা জান তাহার একটি বিশেষ বিবরণ দাও। ৫। পরমাণু-কেন্দ্র কাহাকে বলে? তাহা কি কি উপাদানে গঠিত? পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কাহাকে বলে? ইহার সহিত পরমাণু-কেন্দ্রের কি সম্বন্ধ? ৬। ইলেকট্রন কি ভাবে পরমাণুতে বিন্যস্ত আছে তাহার পূর্ণ বর্ণনা কর। ৭। আধুনিক মতবাদ অনুসারে পরমাণু কি ভাবে গঠিত তাহা বিশেষরূপে বর্ণনা কর। ৮। তাড়িত-যোজ্যতা ও সহ-যোজ্যতা কাহাকে বলে তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৯। ইলেকট্রনীয় মতবাদানুসারে জারণ ও বিজারণ এই পদ দুইটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

দ্বিতীয় খণ্ড

অধাতু

ষোড়শ অধ্যায়

অক্সিজেন

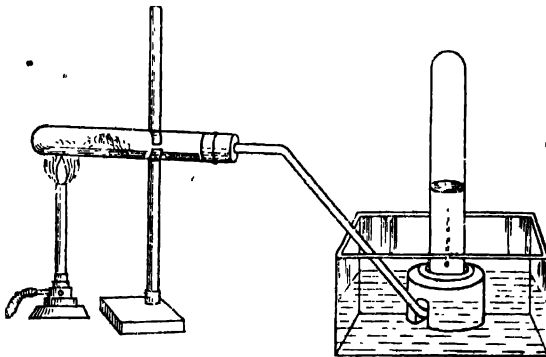
সংকেত, O_2। পারমাণবিক গুরুত্ব, 16।

আবিষ্কার: 1774 খৃষ্টাব্দে অক্সিজেন আবিষ্কৃত হইয়াছে এবং সুইডেনবাসী শীলে (Scheele), ইংরেজ প্রিস্টলী ও ফরাসী ল্যাভয়সিয়ে এই তিন জন বিখ্যাত বিজ্ঞানীর নাম ইহার আবিষ্কারের সহিত সংযুক্ত।

অবস্থান: প্রকৃতিতে অক্সিজেন মৌলদিগের মধ্যে সর্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে বিদ্যমান। মুক্ত অবস্থায় ইহা বাতাসের $\frac{1}{5}$ অংশ অধিকার করিয়া আছে। হাইড্রোজেনের সহিত যুক্তাবস্থায় ইহা জলের পরিমাণের শতকরা 88·9 ভাগ। যুক্তাবস্থায় ইহা পৃথিবীর কঠিন বেষ্টনীর শতকরা 46 ভাগ। প্রাণী ও উদ্ভিদ্ জগতের বিভিন্ন উপাদানেও ইহা অধিক পরিমাণে বিদ্যমান।

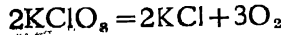
প্রস্তুতি: তিনপ্রকার দ্রব্য হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত হইতে পারে।

(১) অক্সিজেন-প্রধান যৌগ হইতে; (২) জল ও (৩) বাতাস হইতে।

(১-ক) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি:** চারভাগ পটাসিয়ম ক্লোরেট ও একভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড খলে উত্তমরূপে মাড়িয়া লও। শক্ত কাচের একটি মোটা

চিত্র—৫১

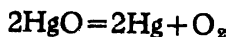
পরীক্ষা-নলের প্রায় $\frac{1}{3}$ ভাগ এই মিশ্রদ্বারা পূর্ণ করিয়া তাহার মুখে সরু নির্গম-নলযুক্ত একটি কর্ক আঁটিয়া দাও। নির্গম-নলটির উভয় প্রান্ত কিছুটা বাঁকা। দাঁড়-সংলগ্ন

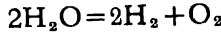
একটি বেড়ির সাহায্যে এখন পরীক্ষা-নলটির মুখ সামান্য নীচু করিয়া খাটাও। একটি গ্যাসদ্রোণীতে জল রাখিয়া তাহার নীচে নির্গম-নলের অপর মুখটি রাখ। তারপর বুন্‌সেন-দীপের সাহায্যে পরীক্ষা-নলটি উত্তপ্ত কর (চিত্র—৪১)। পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত হইয়া, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের অবস্থিতিতে, বিযোজিত হইয়া পটাসিয়ম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপাদন করিবে।

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

জলমধ্যস্থিত নির্গম-নলের মুখ হইতে অক্সিজেন বুদ্‌বুদাকারে নির্গত হইতে থাকিলে তাহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখ। তখন জল-ভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারের মধ্যে অক্সিজেন সংগৃহীত হইবে। গ্যাসজার অক্সিজেন দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি হইলে একটি কাচের ঢাকনি দ্বারা উহার মুখ বন্ধ করিয়া উহা টেবিলের উপর রাখ। এইরূপে কয়েকটি জার অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করিয়া ঐ গ্যাসের গুণ পরীক্ষার জন্য টেবিলের উপর রাখ।

এই প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত মিশ্রের মধ্যে শুধু $KClO_3$ই বিযোজিত হয়, কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের (MnO_2) কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। শুধুমাত্র অবস্থান দ্বারাই ইহা $KClO_3$র বিযোজনকে সাহায্য করে। MnO_2 ব্যতীতও শুধু-মাত্র $KClO_3$ অত্যন্ত উত্তপ্ত হইলে বিযোজিত হইয়া KCl ও O_2 উৎপাদন করে। কিন্তু $KClO_3$এর এইরূপ বিযোজনে অধিকতর উষ্ণতার (630°C) প্রয়োজন। অপরপক্ষে MnO_2এর উপস্থিতিতে অনেক কম উষ্ণতায় ও অধিকতর দ্রুতগতিতে এই বিযোজন ঘটিয়া থাকে। অবস্থানগত সাহায্য দানের জন্য MnO_2কে **অনুঘটক (Catalyst)** বলা হয়। সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে **অনুঘটক এমন দ্রব্য যাহার সামান্য পরিমাণ, নিজের কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন না ঘটাইয়া, শুধু অবস্থিতি দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সাহায্য করে।** নানাবিধ রাসায়নিক পদ্ধতিতে বহু প্রকার অনুঘটক প্রয়োগ করিতে হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ উল্লেখ করা যাইতে পারে যে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতের পণ্য-পদ্ধতিতে মিহি কণিকায় বিভক্ত লৌহ এবং স্পর্শ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে প্ল্যাটিনমের মিহি কণিকা অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(১-খ) লাল রংএর মারকিউরিক অক্সাইড শক্ত ও মোটা পরীক্ষা-নলে অত্যধিক উত্তপ্ত করিলেও মারকিউরিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া পারদ এবং অক্সিজেন উৎপাদন করে।

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

(২) **জল হইতে :** জলে সামান্য পরিমাণ H_2SO_4 বা বেরিয়ম হাইড্রক্সাইড [$Ba(OH)_2$] দ্রবীভূত করিয়া প্ল্যাটিনমের তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে উহাকে তড়িদ্-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে অক্সিজেন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$2H_2O = 2H_2 + O_2$$

(৩) **বাতাস হইতে :** বাতাস প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের একটি সাধারণ মিশ্র। অর্থাৎ বাতাস প্রধানতঃ মুক্ত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সমষ্টি। সুতরাং পণ্য-পদ্ধতিতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের উৎপাদনে বাতাসই ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

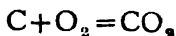
বাতাস প্রথমে জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত করা হয়। তারপর উপযোগী যন্ত্রের সাহায্যে পুনঃপুনঃ চাপের বৃদ্ধি ও হ্রাস দ্বারা উহার উষ্ণতা কমাইতে থাকিলে উহা অবশেষে তরলতা প্রাপ্ত হয়। তরল অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে $-183°C$ ও $-195°C$। সুতরাং উপযোগী পাতন-জনিত্রে (Distillation-Plant) তরল বাতাস আংশিকভাবে পাতিত করিলে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পরস্পর হইতে সম্পূর্ণভাবে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় পাওয়া যায়। **ইহাই অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন উৎপাদনের পণ্য-পদ্ধতি।**

অক্সিজেনের গুণ : (ক) **ভৌত গুণ :** অক্সিজেন একটি স্বাদহীন, গন্ধহীন, বর্ণহীন ও স্বচ্ছ গ্যাস। বাতাস হইতে ইহা সামান্য ভারী। জলে ইহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য ; কিন্তু এই সামান্য দ্রাব্যতা থাকার জন্যই মাছ প্রভৃতি জলচর প্রাণী তাহাদের ফুস্কার সাহায্যে এই দ্রবীভূত অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া জীবন ধারণ করিতে পারে। জলে অক্সিজেন অদ্রাব্য হইলে জলচর প্রাণীর অস্তিত্ব থাকিত না।

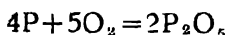
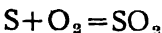
(খ) **রাসায়নিক গুণ :** অক্সিজেন নিজে দাহ্য নহে, কিন্তু ইহা দহন-সহায়ক বা দাহক। অর্থাৎ ইহা নিজে পোড়ে না, কিন্তু ইহার আবরণে অপর দাহ্য বস্তু পোড়ে। বাতাসে দাহ্য বস্তু ইহাতে উজ্জ্বলতর শিখার সহিত পোড়ে। শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি অক্সিজেনের জারে প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি তৎক্ষণাৎ অগ্নি শিখা-সহ জ্বলিয়া ওঠে।

গুণপ্রদর্শক পরীক্ষা : উজ্জ্বলন-চামচে একটুকরা কাঠ-কয়লা রাখিয়া উহা বুনসেন দীপশিখায় রাখ। কয়লা লোহিত-তপ্ত হইলে উহা একটি অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাও। দেখিবে লোহিত-তপ্ত কয়লা উজ্জ্বল শিখাসহ পুড়িবে।

পুড়িবার সময় কারবন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইবে।

$$C + O_2 = CO_2$$

জ্বলন্ত গন্ধক ও ফসফরস ঐভাবে অন্য দুইটি অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাইলে উহারা উজ্জ্বলতর শিখাসহ পুড়িতে থাকে।

$$S + O_2 = SO_2$$

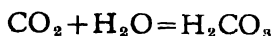
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

এখন উপরোক্ত তিনটি জার কিছুটা জলীয় নীল লিটমস দ্রব দিয়া ঝাঁকাও ; নীল রং লাল হইয়া যাইবে। কারণ ঐ তিনটি জারে আম্লিক অক্সাইড থাকিবে এবং উহারা জলের সংস্পর্শে আসিয়া তিনটি অম্ল বা অ্যাসিড উৎপাদন করিবে যাহারা নীল লিটমস দ্রব লাল করে।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

কারবনিক অ্যাসিড

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

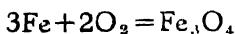
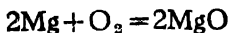
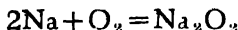
সালফিউরাস অ্যাসিড

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

ফসফরিক অ্যাসিড

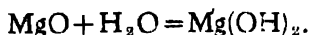
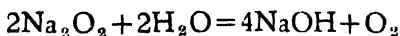
জ্বলন্ত সোডিয়মের টুকরা, ম্যাগনেসিয়মের তার বা সরু ফালি ও গন্ধকযুক্ত লৌহ-তার তিনটি পৃথক অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাইলে ইহারাও উজ্জ্বলতরভাবে পুড়িতে থাকে। (লৌহ-তার ফুল-ঝুড়িসহ পুড়িবে)।

$$2Na + O_2 = Na_2O_2$$

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

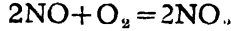
$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$

ঐ তিনটি জারে জলীয় লাল লিটমস দ্রব দিয়া ঝাঁকাইলে লৌহ-তার-পোড়াইবার জার ভিন্ন অন্য দুইটি জারে দ্রবের রং নীল হইবে কারণ সোডিয়ম পার-অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়ম অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে দুইটি ক্ষার উৎপাদন করে যাহারা লাল লিটমস দ্রবকে নীল বর্ণ করে।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2.$$

যে জারে লৌহ-তার পোড়ানো হয় তাহাতে ফেরাসো ফেরিক বা ট্রাইফেরিক টেট্রক্সাইড (Fe_3O_4) থাকে। ইহার সহিত জলের কোন বিক্রিয়া হয় না ; সুতরাং

লিটমস দ্রবের রং-এর কোন পরিবর্তন হয় না।

অক্সিজেন বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সংস্পর্শে আসিবামাত্র উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় যাহার ফলে বাদামী রংয়ের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

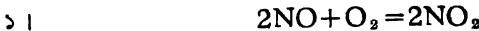
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

অক্সিজেনের ব্যাবহারিক প্রয়োগ: প্রাণী-জগতে প্রশ্বাস গ্রহণের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন। সুতরাং জীবন ধারণের জন্য অক্সিজেন একটি অত্যাবশ্যকীয় বস্তু। শ্বাসকার্য চালাইবার জন্য ডুবুরীরা ও উড়োজাহাজের চালকেরা অক্সিজেন ব্যবহার করিয়া থাকে। নিউমোনিয়া ও অন্যান্য রোগে আক্রান্ত রোগীর শ্বাসকষ্ট উপস্থিত হইলে প্রশ্বাস গ্রহণের জন্য অক্সিজেন প্রয়োগ করিতে হয়। অক্সিজেনের আবরণে চাপযুক্ত হাইড্রোজেন ও অ্যাসিটিলিন পোড়াইলে যে দুইটি অগ্নিশিখা উৎপন্ন হয় তাহাদিগকে যথাক্রমে অক্সি-হাইড্রোজেন ও অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা বলে; ইহারা যথাক্রমে 2800°C ও 3200°C উষ্ণতা উৎপাদন করে। সুতরাং ধাতুপিণ্ড গলাইতে, কাটিতে বা জুড়িতে এই দুইটি শিখা ব্যবহৃত হয়।

পণ্য পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে বাতাস ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

পরিচায়ক পরীক্ষা: শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি ইহাতে প্রজ্বলিত হয়। বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ইহার সংস্পর্শমাত্র বাদামী রং-এর NO_2এ পরিণত হয়।

জারণ (Oxidation) ও বিজারণ (Reduction): (অক্সিজেনের সহিত কোন বস্তুর রাসায়নিক সংযোগকে সাধারণতঃ জারণ বলে।) সুতরাং পূর্বোক্ত কারবন, গন্ধক, ফসফরস, সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম প্রভৃতি মৌলের পুড়িবার সময় অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগকে জারণ বলিতে হইবে। এরূপ ক্ষেত্রে আরও বলা হয় যে ঐ সমস্ত মৌল জারিত হইয়াছে।

যৌগিক পদার্থেরও অনেক সময়ে অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া থাকে। যেমন,

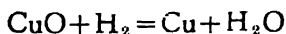
১। $$2NO + O_2 = 2NO_2$$

এই বিক্রিয়াও একটি জারণের দৃষ্টান্ত। এক্ষেত্রে ইহাও বলা যাইতে পারে যে নাইট্রিক অক্সাইড জারিত হইয়াছে।

২। $$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

এক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়াছে।

(জারণের বিপরীত বিক্রিয়াকে বিজারণ বলে।) অর্থাৎ কোন পদার্থ হইতে

অক্সিজেনের অপসারণের নাম বিজারণ। উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন চালিত করিলে কপার অক্সাইডের অক্সিজেন, হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগের ফলে অপসারিত হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

এই বিক্রিয়া জারণ ও বিজারণের একটি যুক্ত দৃষ্টান্ত। এখানে কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়াছে। কিন্তু হাইড্রোজেন জারিত হইয়াছে। সচরাচর জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া একসঙ্গেই ঘটিয়া থাকে।

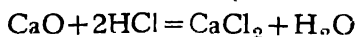
অক্সাইড (Oxide) :

অক্সিজেনের সহিত অন্য মৌলের রাসায়নিক সংযোগের ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে **অক্সাইড** বলে। সুতরাং অক্সাইড একপ্রকার দ্বিযৌগিক পদার্থ যাহার একটি উপাদান অক্সিজেন। যেমন, সোডিয়ম মন-অক্সাইড (Na_2O), SO_2, জিঙ্ক-অক্সাইড (ZnO), H_2O, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2)

অক্সাইড গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন অবস্থায় থাকিতে পারে। যেমন নাইট্রিক অক্সাইড, NO একটি গ্যাস ; H_2O (জল) একটি তরল পদার্থ ; ZnO একটি কঠিন পদার্থ।

অক্সাইডকে পাঁচ শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। যথা—(১) **ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic Oxide)**, (২) **আম্লিক অক্সাইড (Acidic Oxide)**, (৩) **উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric Oxide)**, (৪) **প্রশম অক্সাইড (Neutral Oxide)** ও (৫) **পার-অক্সাইড (Per-Oxide)**

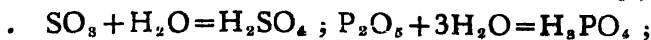
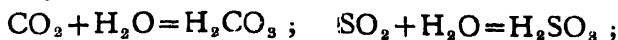
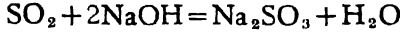
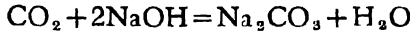
(১) **ক্ষারকীয় অক্সাইড :** যে অক্সাইড অ্যাসিডের দ্বারা প্রশমিত হইয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে তাহাকে ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। ইহা ধাতব অক্সাইড। যেমন, Na_2O, CaO, MgO প্রভৃতি

$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$

(২) **আম্লিক অক্সাইড :** ইহা অধাতুর এমন অক্সাইড যাহা জলের সহিত রাসায়নিক সংযোগের ফলে অক্সি-অ্যাসিড উৎপাদন করে। জলসংযোগে ইহা হইতে যে অ্যাসিড প্রস্তুত হয়, ইহাকে তাহার **নিরুদক** (Anhydride) বলে। ক্ষারের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। যেমন CO_2, SO_2, SO_3, P_2O_5, N_2O_5 প্রভৃতি।

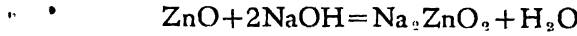
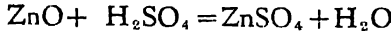
$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3\ ; \quad SO_2 + H_2O = H_2SO_3\ ;$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4\ ; \quad P_2O_5 + 3H_2O = H_3PO_4\ ;$$

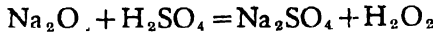
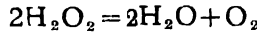
$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

$$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$$
$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$

CO_2, SO_2, SO_3 এবং N_2O_5 যথাক্রমে, H_2CO_3, H_2SO_3, H_2SO_4 ও HNO_3এর নিরুদক।

(৩) **উভধর্মী অক্সাইড :** ইহাও এক প্রকার ধাতব অক্সাইড যাহার ক্ষারকীয় ও আম্লিক এই উভয় অক্সাইডেরই গুণ আছে। যেমন, ZnO

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$
$$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

(৪) **প্রশম অক্সাইড :** ইহা এক প্রকার অধাতব অক্সাইড যাহা অ্যাসিড বা ক্ষারের দ্বারা প্রশমিত হয় না এবং যাহা লাল বা নীল বর্ণের জলীয় লিটমস দ্রবের রং পরিবর্তন করে না। যেমন, H_2O, N_2O, NO, CO ইত্যাদি।

(৫) **পার-অক্সাইড :** ইহা ধাতু বা অধাতুর এমন অক্সাইড যাহাতে অক্সিজেনের অনুপাত, ক্ষারকীয়, আম্লিক ও প্রশম অক্সাইডে অবস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত অপেক্ষা অধিক। ইহাকে উত্তপ্ত করিলে ইহার অক্সিজেনের একাংশ মুক্তাবস্থায় নির্গত হইয়া যায়। ধাতব পার-অক্সাইড ঠাণ্ডা ও লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে। যেমন, H_2O_2, Na_2O_2, BaO_2

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$
$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

প্রশ্নমালা

১। কিভাবে অক্সিজেনকে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায়? ইহার পরীক্ষাগারে প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা কর। ইহার প্রধান গুণ কি কি? কি কি প্রয়োজনে ইহা ব্যবহৃত হয়?

২। উদাহরণ সহকারে নিম্নোক্ত পদগুলি ব্যাখ্যা কর : অনুঘটক, জারণ ও বিজারণ।

৩। অক্সিজেন-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার কি কি?

৪। কয়েকটি পরীক্ষার দ্বারা অক্সিজেনের প্রধান গুণগুলি প্রদর্শন কর।

৫। জ্বলন্ত গন্ধক, ফসফরস, সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও লৌহ-তার অক্সিজেনপূর্ণ জারে প্রবেশ করাইলে কি হয় সমীকরণ সহকারে তাহা বর্ণনা কর। ঐ সমস্ত দ্রব্যের দাহন শেষ হইলে জারগুলি কিছু জল দিয়া ঝাঁকাইলে কি হয় সমীকরণ দ্বারা তাহা ব্যাখ্যা কর।

৬। অক্সাইড কাহাকে বলে? ইহা কয় প্রকার? উদাহরণসহ প্রত্যেক শ্রেণীর সংজ্ঞা লিখ।

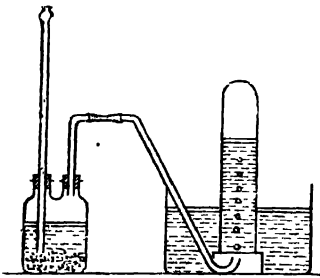
সপ্তদশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন

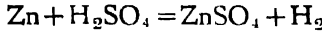
সংকেত, H_2। পারমাণবিক গুরুত্ব, 1.008।

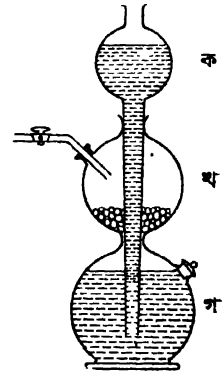
অবস্থান: হাইড্রোজেনকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে বড় একটা দেখা যায় না। যুক্ত অবস্থায় প্রাণী ও উদ্ভিদ্ দেহের উপাদান, প্রোটিন, অ্যালবুমিন প্রভৃতি জৈব পদার্থে ইহা বিদ্যমান। জলের পরিমাণীয় 9 ভাগের এক ভাগ হাইড্রোজেন। পেট্রোলিয়ম ও পাথুরে কয়লাতেও ইহা যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান।

প্রস্তুতি:

(১) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি:** দ্বি-মুখ বিশিষ্ট একটি উল্‌ফ-বোতলে কিছু দস্তার ছিবড়া (Granulated Zinc) লও এবং একটি মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল কর্কসহযোগে আঁটিয়া দাও। দীর্ঘনালের নীচের প্রান্ত উল্‌ফ-বোতলের তলদেশের কাছাকাছি পর্যন্ত পৌঁছাইতে হইবে। অপর মুখে কর্কের সাহায্যে একটি দুই প্রান্তে বাঁকা নির্গম-নল আঁটিয়া দাও। নির্গমনলের উপরের প্রান্ত উল্‌ফ-বোতলের সামান্য একটু ভিতরে প্রবেশ করাইতে হইবে। একটি গ্যাসদ্রোণীতে জল রাখিয়া তাহার ভিতরে নির্গম-নলের নীচের দিকের মুখটি রাখ (চিত্র- ৪২)। এই অবস্থায় উল্‌ফ-বোতলের ভিতরটি বাতাস-রোধক হইতে হইবে, কারণ হাইড্রোজেন বাতাসের অক্সিজেনের সহিত মিশিলে একটি বিস্ফোরক মিশ্রে পরিণত হয়। সুতরাং হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিবার পূর্বেই দেখা উচিত উহার ভিতরের অংশ বাতাস-রোধক হইয়াছে কিনা। উহা দেখিতে হইলে ফানেলের মুখের ভিতর কিছু জল ঢালিয়া উহার নীচের প্রান্ত জলের তলায় ডুবাইয়া রাখ। নির্গম-নলের নীচের প্রান্তে ফুঁ দিয়া বোতল-মধ্যস্থিত জল নাল-বরাবর উপর দিকে কিছুদূর তোল। তারপর ঐ প্রান্তে বৃদ্ধাঙ্গুলি চাপা দাও। এ অবস্থায় জল নালের মধ্য দিয়া নীচে না নামিয়া একই উচ্চতায় থাকিলে বুঝিতে হইবে যে বোতলের ভিতরের অংশ বাতাস-রোধক হইয়াছে।

চিত্র—৪২

এখন নির্গম-নলের নীচের অংশ আবার গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলে ডুবাইয়া ফানেলের মুখে এমন আয়তনের সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব ঢাল যাহাতে দস্তার ছিবড়াগুলি ডুবিয়া থাকে। সঙ্গে সঙ্গে দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া আরম্ভ হইবে :

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া বোতলের অভ্যন্তরস্থ বাতাসকে সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করিবার জন্য কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। প্রথমে একাধিকবার জলভ্রংশ দ্বারা একটি পরীক্ষা-নলে হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিয়া বুনসেন দীপশিখায় নলের মুখ ধর। বিশেষ শব্দ না করিয়া হাইড্রোজেন পুড়িতে আরম্ভ করিলে বুঝিতে হইবে যে হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে বাতাসের অক্সিজেন মুক্ত হইয়াছে। তারপর কয়েকটি গ্যাসজার পর পর জল পূর্ণ করিয়া ও নির্গম-নলের ডুবান মুখের উপর উলটাইয়া রাখিয়া জল-ভ্রংস দ্বারা হাইড্রোজেনে পূর্ণ কর এবং তাহাদের মুখ কাচের ঢাকনি দ্বারা বন্ধ করিয়া তাহাদিগকে হাইড্রোজেনের গুণ পরীক্ষার নিমিত্ত টেবিলের উপর উপুড় করিয়া রাখ।

কিপ-যন্ত্র : উল্‌ফ-বোতল ব্যবহারের একটি প্রধান অসুবিধা এই যে যতক্ষণ একটি উপকরণ শেষ না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া চলিতে থাকে। ইহাতে উপকরণের অপচয় হয়। সেইজন্য প্রয়োজনানুসারে পরিমিত হাইড্রোজেন পাইবার জন্য পরীক্ষাগারে কিপ-যন্ত্র (চিত্র- ৪৩) ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা দুইটি অংশে বিভক্ত। উহার নীচের অংশ স্বল্পপরিসর এবং ছোট যোজকদ্বারা পরস্পর সংযুক্ত দুইটি কাচের গোলকদ্বারা প্রস্তুত। এই অংশের উপরের গোলকের একটি নির্গম-মুখ আছে যাহাতে একটি স্টপ্‌কক আঁটা থাকে। নীচের গোলকেরও একটি নির্গম-মুখ আছে এবং তাহাতে একটি ছিপি আঁটা থাকে। অ্যাসিড নিঃশেষিত হইলে ছিপি খুলিয়া ভিতরের তরল পদার্থ ঢালিয়া ফেলা হয়। এই গোলকের প্রধান মুখের ভিতরের ধার ঘসা। এই যন্ত্রের উপরের অংশ ক্রমে সরু হইয়া

চিত্র—৪৩

আসিয়াছে এমন দীর্ঘনালযুক্ত একটি কাচের গোলক দ্বারা নির্মিত। এই গোলকের নালের যে অংশ মাঝের গোলকের মুখে আঁটিয়া থাকে তাহাও ঘসা। সুতরাং উপরের গোলক যখন নীচের অংশে বসাইয়া দেওয়া হয় তখন নীচের

অংশ বাতাস্-রোধক হয়। দীর্ঘনালের শেষপ্রান্ত নীচের গোলকের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছে।

নীচের গোলকের ছিপি আঁটিয়া উপরের গোলক প্রথমে নীচের অংশে আঁটিয়া বসাইতে হয়। তারপর মাঝের গোলকের ছিপি খুলিয়া তাহার মধ্যে আস্তে আস্তে প্রয়োজন মত কিছু দস্তার ছিবড়া প্রবেশ করাইবার পর আবার ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। এখন ইহার ছিপিমধ্যস্থিত স্টপ্‌কক খুলিয়া রাখিয়া উপরের গোলকে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব এমন আয়তনে ঢালিয়া দিতে হয় যাহাতে উহা নালের ভিতর দিয়া নীচে নাবিয়া নীচের গোলক পরিপূর্ণ করিবার পর মাঝের গোলকমধ্যস্থিত দস্তার ছিবড়াগুলিকে সবেমাত্র ডুবাইয়া রাখিতে পারে। সালফিউরিক অ্যাসিড দস্তার সংস্পর্শে আসিবামাত্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং ভিতরের বাতাসকে অপসারিত করে। কিছুক্ষণ পরে স্টপ্‌কক বন্ধ করিলে গোলকের মধ্যে হাইড্রোজেন সংগৃহীত হইয়া চাপ উৎপাদন করে যাহার ফলে অ্যাসিড প্রথমে নীচের দিকে নাবিয়া যাইয়া পরে নালের ভিতর দিয়া উপরের গোলকে উত্থিত হয়। অ্যাসিড ও দস্তা এইভাবে বিচ্ছিন্ন হইলে উহাদের মধ্যে বিক্রিয়াও বন্ধ হইয়া যায়। প্রয়োজনের সময় স্টপ্‌ককের সঙ্গে রবার নল সহযোগে একটি নির্গম নল লাগাইয়া স্টপ্‌কক খুলিলে হাইড্রোজেন নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহিরে চলিয়া যায় এবং ভিতরের চাপ কমিয়া যায়, যাহার ফলে উপরের গোলকের অ্যাসিড আবার নীচে নাবিয়া মাঝের গোলকে প্রবেশ করে এবং দস্তার সঙ্গে আবার বিক্রিয়া আরম্ভ করে। প্রয়োজন শেষ হইলে স্টপ্‌কক বন্ধ করিতে হয়।

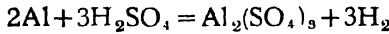
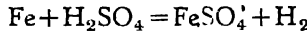
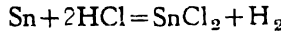
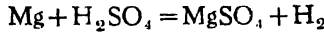
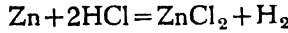
কিপ-যন্ত্রের সাহায্যে একইভাবে ইচ্ছানুযায়ী কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও সালফারেটেড্ হাইড্রোজেন (H_2S) প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

সালফিউরিক অ্যাসিড ও দস্তার মধ্যে বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ নহে। তাহাতে জলীয় বাষ্প, সালফারেটেড হাইড্রোজেন (H_2S), আরসাইন (AsH_3), ফসফাইন (PH_3), CO_2, SO_2, O_2, N_2 প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ খুব অল্প পরিমাণে বিদ্যমান। O_2 ও N_2 ব্যতীত অন্যান্য অপদ্রব্য অপসারিত করা যাইতে পারে, উৎপন্ন গ্যাসকে পরপর স্থাপিত উপযুক্ত শোধকপূর্ণ চারিটি U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিবার পর শুষ্ক পারদের উপর সংগ্রহ করিয়া। প্রথমটিতে H_2Sএর জন্য $Pb(NO_3)_2$এর দ্রব, দ্বিতীয়টিতে AsH_3 ও PH_3এর জন্য Ag_2SO_4এর দ্রব, তৃতীয়টিতে SO_2, CO_2 ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডের জন্য কঠিন KOH এবং চতুর্থটিতে জলীয় বাষ্পের জন্য P_2O_5 রাখিতে হয়।

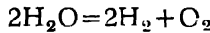
সাধারণ ক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য হাইড্রোজেনকে পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের

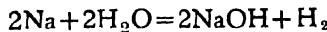
ক্ষারীয় দ্রবের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া শোধিত করিলেই যথেষ্ট. হয়। বেরিয়ম হাইড্রক্সাইডের [$Ba(OH)_2$] জলীয় দ্রবের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

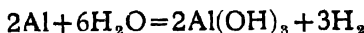
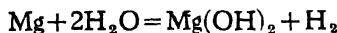
সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং দস্তার পরিবর্তে ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ, রাং (Tin) ও অ্যালুমিনিয়ম ব্যবহার করিয়াও হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে।

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$$
$$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$$
$$Sn+2HCl=SnCl_2+H_2$$
$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$
$$2Al+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2$$

(২) জল হইতে : (ক) সাধারণ উষ্ণতায় (১) অম্লীকৃত জলের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ দ্বারা এবং (২) সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম ধাতুর সহিত বিক্রিয়া দ্বারা ; (খ) উচ্চতর উষ্ণতায় (১) ম্যাগনেসিয়ম ও অ্যালুমিনিয়মের চূর্ণের সহিত ফুটন্ত জলের বিক্রিয়ায়, (২) উত্তপ্ত লৌহ ও ম্যাগনেসিয়মের সহিত স্টীমের বিক্রিয়ায় এবং (৩) লোহিত-তপ্ত কোকের (Carbon) সহিত স্টীমের বিক্রিয়ায় :

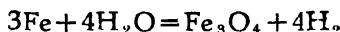
(ক—১) পূর্বেই এই পদ্ধতি সম্বন্ধে বলা হইয়াছে। অম্লীকৃত জল প্ল্যাটিনম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2H_2O=2H_2+O_2$$

(ক—২) সোডিয়ম ও জলের মধ্যে সংস্পর্শ ঘটিবামাত্র উভয়ের মধ্যে প্রবল বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। সুতরাং এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পাইতে হইলে এক টুকরা সোডিয়ম তার-জালিতে জড়াইয়া জলে ডুবাইতে হয় ; তারপর তাহার উপর জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন জল-ভ্রংশ দ্বার ঐ জারে গৃহীত হয়।

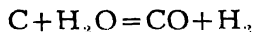
$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$

(খ-১) ম্যাগনেসিয়ম বা অ্যালুমিনিয়ম-চূর্ণসহ জল ফুটাইলেও জল হইতে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

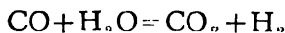
$$Mg+2H_2O=Mg(OH)_2+H_2$$
$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$$

(খ-২) উত্তপ্ত লৌহ-চূর্ণ বা পেরেকের উপর দিয়া স্টীম চালিত করিলে উভয়ের

মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়ার ফলে ট্রাইফেরিক টেট্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

হাইড্রোজেন-প্রস্তুতির ইহাই অন্যতম পণ্য-পদ্ধতি। ইহাকে **লেন-পদ্ধতি (Lane Process)** বলে।

(খ-৩) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর দিয়া স্টীম চালিত করিয়া হাইড্রোজেন ও কারবন মন-অক্সাইডের মিশ্র পাওয়া যায়। এই মিশ্রকে **ওয়াটার গ্যাস** বলে।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

এই মিশ্রের সহিত অতিরিক্ত স্টীম মিশাইয়া অনুঘটক উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইড ও ক্রোমিয়ম অক্সাইডের মিশ্রের উপর দিয়া চালিত করিলে কারবন মন-অক্সাইড ও স্টীমের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় :

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

সুতরাং বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত মিশ্রে অতিরিক্ত স্টীম, সামান্য কারবন মন-অক্সাইড, কারবন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন থাকে। এই মিশ্র 30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সূক্ষ্ম জল-কণায় ধৌত করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড অপসারিত হয়। অবশিষ্ট মিশ্র 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ফরমেটের দ্রবের মধ্য দিয়া লইয়া গেলে কারবন মন-অক্সাইড দূরীভূত হয়। অবশিষ্ট গ্যাস শুষ্ক করিলে 99·9% হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

ইহাই হাইড্রোজেন প্রস্তুতির আর একটি পণ্য-পদ্ধতি। ইহাকে **বস-পদ্ধতি (Bosch Process)** বলে।

গুণ : ভৌত গুণ—হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন, স্বচ্ছ, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহা জগতের যাবতীয় পদার্থের মধ্যে লঘুতম। ইহার আপেক্ষিক ভর বাতাসের ভরের 14 ভাগের এক ভাগ। জলে ইহার দ্রাব্যতা অত্যন্ত অল্প। ইহাকে তরল করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য।

রাসায়নিক গুণ : হাইড্রোজেন দহন সহায়ক নহে ; কিন্তু ইহা একটি দাহ্য পদার্থ। ইহা বাতাসে বা অক্সিজেনে ঈষৎ নীল শিখাসহ পোড়ে এবং এইরূপ পুড়িবার সময় জল উৎপন্ন হয় :

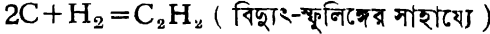
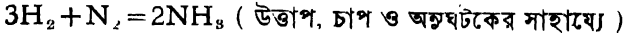
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

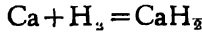
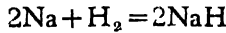
বাতাস বা অক্সিজেনের সঙ্গে ইহা একটি বিস্ফোরক মিশ্র উৎপন্ন করে। উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা বিজারক (Reducing agent) রূপে কাজ করে। কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় ইহা এরূপ ক্রিয়া করে না। কিন্তু সদ্যজাত অবস্থায়, অর্থাৎ যখন ইহা

আণবিক অবস্থায় না থাকিয়া পারমাণবিক অবস্থায় থাকে এবং যখন ইহাকে **জায়মান (Nascent)** হাইড্রোজেন বলে, তখন ইহা সাধারণ উষ্ণতাতেও বিজারক-রূপে কাজ করে। বিশেষ বিশেষ অবস্থায় ইহা ক্লোরিণ, নাইট্রোজেন ও কারবন প্রভৃতি অধাতুর সহিত রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া থাকে

$H_2+Cl_2=2HCl$ (আলোতে)

$3H_2+N_2=2NH_3$ (উত্তাপ, চাপ ও অনুঘটকের সাহায্যে)

$2C+H_2=C_2H_2$ (বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে)

সোডিয়ম ও ক্যালসিয়ম ধাতুর সহিত সংযুক্ত হইয়া ইহা ধাতব হাইড্রাইড উৎপাদন করে

$$2Na+H_2=2NaH$$
$$Ca+H_2=CaH_2$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ (Uses) : অ্যামোনিয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড্ গ্যাস, মিথাইল অ্যালকোহল ও কৃত্রিম পেট্রোলিয়ম উৎপাদন শিল্পে ইহার ব্যবহার অত্যধিক।

দালদা জাতীয় কৃত্রিম ঘি উৎপাদন শিল্পেও ইহা বর্তমানে অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

ধাতু গলানো কাজে ব্যবহৃত অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার প্রস্তুতিতেও ইহাকে কাজে লাগানো হয়। বায়ুমণ্ডলের অবস্থা পযবেক্ষণে ব্যবহৃত বেলুন তৈয়ারিতেও ইহা ব্যবহার করিতে হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests) : বাতাস বা অক্সিজেনে ইহা ঈষৎ নীলবর্ণের শিখাসহ পুড়িয়া শুধু জলীয় বাষ্প উৎপাদন করে। উত্তপ্ত কপার অক্সাইড বিজারিত করিয়া ইহা তাম্র ও জল উৎপাদন করে।

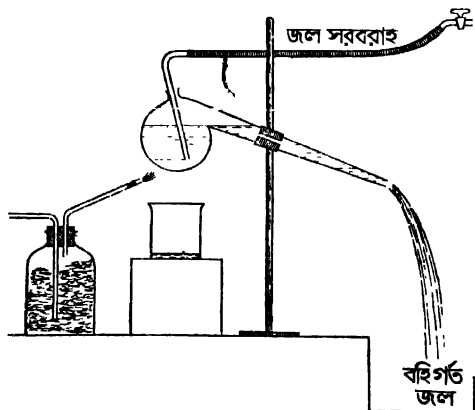
গুণ প্রদর্শক পরীক্ষা :

(ক) **হাইড্রোজেন দহনশীল কিন্তু দাহক নহে :** হাইড্রোজেনপূর্ণ একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া ধরিয়া তাহার মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি ঢুকাইয়া দাও। দেখিবে পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে কিন্তু হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল শিখাসহ পুড়িতে থাকিবে।

(খ) **হাইড্রোজেন বাতাস হইতে হাল্কা :** রবারের বা প্ল্যাস্টিকের একটি ছোট বেলুন হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ করিয়া এবং তাহার মুখ লম্বা সূতা দ্বারা বাঁধিয়া ঘরের ভিতরে ছাড়িয়া দাও। দেখিবে উহা ছাদের নীচের গায়ে ঠেকিবে। ইহাতে বুঝা যাইবে হাইড্রোজেন বাতাস অপেক্ষা হালকা।

একটি হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারের মুখ ঢাকনা দ্বারা বন্ধ করিয়া সোজাভাবে টেবিলের উপর রাখ এবং তাহার উপর আর একটি বাতাসপূর্ণ খালি জার উপুড় করিয়া রাখ। এখন উভয় জারের মধ্যবর্তী ঢাকনি বাহির করিয়া লও। সামান্য সময় অপেক্ষা করিয়া উপরের জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাও। সামান্য শব্দ করিয়া হাইড্রোজেন পুড়িয়া যাইবে এবং পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে। ইহাতে বুঝা যাইবে যে হাইড্রোজেন বাতাস অপেক্ষা হালকা বলিয়া অল্প সময়ের মধ্যেই নীচের জার হইতে উহা উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে।

(গ) অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন একটি বিস্ফোরক মিশ্র প্রস্তুত করে। একটি শক্ত ও পুরু কাচের বোতল প্রথমে জলপূর্ণ কর। তারপর তাহার $\frac{2}{3}$ অংশ হাইড্রোজন দ্বারা এবং 1/3 অংশ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করিয়া মুখ একটি ছিপি দ্বারা আঁটিয়া দাও। এখন উহাকে একটি তোয়ালে বা শক্ত ও মোটা বস্ত্রখণ্ড দ্বারা জড়াইয়া সূতা বা দড়ি দিয়া বাঁধ। তারপর উহাকে অনুভূমিকভাবে রাখিয়া উহার মুখের ছিপি খুলিয়া দাও এবং বুন্‌সেন দীপশিখার সংস্পর্শে আন। প্রচণ্ড শব্দ করিয়া একটি বিস্ফোরণ ঘটিবে।

(ঘ) **হাইড্রোজেন পুড়িলে জল উৎপন্ন হয় :** অনার্দ্র ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড-পূর্ণ বোতলের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন চালিত করিয়া প্রথমে উহা শুষ্ক করিয়া

চিত্র—৪৪

লও। অতঃপর ইহা ৪৪ নং চিত্র অনুযায়ী বোতল সংলগ্ন কাচ-নলের সরু মুখ হইতে নির্গত করাইয়া আগুন ধরাও এবং এই হাইড্রোজেন শিখা ঠাণ্ডা জলপ্রবাহ

দ্বারা শীতলীকৃত একটি বক-যন্ত্রের বাহিরের গায়ের উপর ফেল। দেখিবে বক-যন্ত্রের বাহিরের ঠাণ্ডা গায়ে বিন্দু বিন্দু জল জমিতেছে।

(ঙ) **উচ্চতর উষ্ণতায় হাইড্রোজেন বিজারকরূপে কাজ করে:** দুই পাশে সোজা নলযুক্ত একটি শক্ত কাচের বাল্‌বে (চিত্র—১৭) কিছু কাল রং-এর কপার অক্সাইড রাখিয়া তাহা বুন্‌সেন দীপশিখায় উত্তপ্ত কর এবং উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহ কিছুক্ষণের জন্য চালিত কর। তারপর বুন্‌সেন দীপ সরাইয়া লইয়া বাল্‌বটি ঠাণ্ডা কর এবং হাইড্রোজেন প্রবাহ চালনা বন্ধ কর। দেখিবে কাল কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল তাম্র কণিকায় রূপান্তরিত হইয়াছে এবং সোজা কাচ-নলের দূরবর্তী অংশে বিন্দু বিন্দু জল জমিয়াছে।

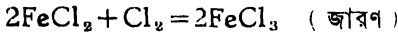
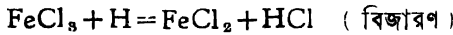
(চ) **ঘরের সাধারণ উষ্ণতায় শুধু জায়মান হাইড্রোজেন বিজারকরূপে কাজ করে, কিন্তু সাধারণ হাইড্রোজেন এরূপ কাজ করে না:** একটি পরীক্ষা-নলে কিছু পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু জলীয় দ্রবে সামান্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রব মিশাইয়া তাহার ভিতর দিয়া অন্য পাত্রে উৎপন্ন হাইড্রোজেন চালিত কর। দেখিবে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবের রং-এর কোন পরিবর্তন ঘটিবে না। কারণ অম্লীকৃত পারম্যাঙ্গানেটের অণুকে হাইড্রোজেন অণু বিজারিত করিতে পারে না। এখন হাইড্রোজেন প্রবাহ বন্ধ করিয়া ঐ পরীক্ষা-নলে কয়েক টুকরা দস্তার ছিবড়া ফেলিয়া দাও। এখন হাইড্রোজেনের বুদ্‌বুদ্‌ উঠিতে আরম্ভ করিবে এবং কিছুক্ষণের মধ্যেই পারম্যাঙ্গানেট-দ্রবের রং নষ্ট হইয়া যাইবে। এক্ষেত্রে উৎপন্ন-মুহূর্তে হাইড্রোজেন পরমাণুর আকারে থাকে এবং ইহা পরমাণু বিজারকরূপে কাজ করে।

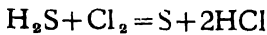
জারণ ও বিজারণ: অক্সিজেন সম্বন্ধে আলোচনা কালে ইহা বলা হইয়াছে যে অক্সিজেনের সংযোগ ও অপসারণকে যথাক্রমে জারণ ও বিজারণ বলা হয়। কিন্তু এই দুইটি পদ শুধু অক্সিজেনের সহিতই সীমাবদ্ধ নহে। ইহারা অন্যান্য মৌলের সংযোগ ও অপসারণের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতু মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার ঝোঁক আছে; সেইজন্য তাহাদিগকে অপরা বিদ্যুৎধর্মী (Electronegative) মৌল বলা হয়। অপর পক্ষে হাইড্রোজেন ও ধাতব মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিবার ঝোঁক লক্ষিত হয়; সেইজন্য তাহাদিগকে পরা বিদ্যুৎধর্মী (Electropositive) মৌল বলা হয়। সুতরাং ইলেকট্রন গ্রহণ ও ত্যাগের প্রবণতা বিবেচনা করিলে এই দুই শ্রেণীর মৌলের গুণ বিপরীত মুখী।

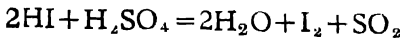
পরমাণু গঠনের ইলেকট্রনীয় মতবাদ আলোচনাকালে বলা হইয়াছে যে, পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগকে জারণ ও ইলেকট্রন গ্রহণকে বিজারণ বলে। সুতরাং অক্সিজেন-

সহ অন্যান্য অপরা বিদ্যুৎধর্মী অধাতু মৌলের পরমাণু গ্রহণকেও জারণ এবং তাহাদের অপসারণকে বিজারণ বলা হয়। যেমন, জায়মান হাইড্রোজেন বা অন্য কোন উপযোগী বিজারক দ্বারা ফেরিক ক্লোরাইডের অণু হইতে ক্লোরিণ অপসারিত করিয়া ফেরাস ক্লোরাইডের অণুর প্রস্তুতিকে বিজারণ ও উপযোগী জারক দ্বারা ফেরাস ক্লোরাইডের ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরকে জারণ বলে।

$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$$ (বিজারণ)

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$ (জারণ)

অপরপক্ষে যেহেতু হাইড্রোজেন ও ধাতবমৌল পরা বিদ্যুৎধর্মী, সুতরাং ইহাদের অপসারণ ও সংযোগকে যথাক্রমে জারণ ও বিজারণ বলে। যেমন, সালফারেটেড হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মধ্যে বিক্রিয়ায় গন্ধক ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত হয়।

$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$$

এক্ষেত্রে H_2Sএর অণু হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হইয়াছে, সুতরাং এখানে H_2S জারিত হইয়াছে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরিণকে বিজারিত ও ক্লোরিণ হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়াছে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ায় জল, আয়োডিন ও সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত হয়:

$$2HI + H_2SO_4 = 2H_2O + I_2 + SO_2$$

এক্ষেত্রে HI হইতে H_2 অপসারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং ইহা একটি জারণের দৃষ্টান্ত। অপরপক্ষে H_2SO_4 হইতে SO_2এর প্রস্তুতি একটি বিজারণের দৃষ্টান্ত।

প্রশ্নমালা

১। হাইড্রোজেন প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার গুণ ও প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবার সময়ে কি সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয়, এবং কেন এরূপ সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয়? কয়েকটি পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেনের প্রধান গুণগুলি ব্যক্ত কর।

৩। কি কি অবস্থায় কোন্ কোন্ ধাতুর সাহায্যে জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে?

৪। হাইড্রোজেন প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

৫। কিপ-যন্ত্রের গঠন ও ব্যবহার সম্বন্ধে একটি বিস্তৃত বর্ণনা লিখ।

৬। জারণ ও বিজারণ এই পদ দুইটির উদাহরণসহ সংজ্ঞা বর্ণনা কর। উদাহরণসহ প্রমাণ কর যে এই দুইটি ভিন্নমুখী প্রক্রিয়া সচরাচর এক সঙ্গেই ঘটিয়া থাকে।

অষ্টাদশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে দুইটি যৌগ উৎপন্ন হইয়া থাকে : (১) জল, H_2O ও (২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (Hydrogen peroxide), H_2O_2।

(১) জল, H_2O

সংকেত, H_2O। আণবিক গুরুত্ব, 18।

1781 খৃষ্টাব্দের পূর্ব পর্যন্ত জলকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়াই গণ্য করা হইত। ঐ বৎসর ইংরেজ বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিস প্রমাণ করেন যে জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগ।

অবস্থান : পৃথিবীর চার ভাগের তিন ভাগই জল দ্বারা আবৃত। বিশাল মহাসাগর, সাগর, উপসাগর, হ্রদ, অসংখ্য নদ-নদী, ঝরণা প্রভৃতিতে এত জল আছে যে তাহার পরিমাণ নির্ণয় করা মানুষের সাধ্যাতীত। এই সমস্ত স্থানে জল সাধারণতঃ তরল অবস্থায় থাকে। কিন্তু মেরুপ্রদেশে ও পর্বতশিখরে ইহা কঠিন অবস্থায় বিদ্যমান। সে অবস্থায় ইহাকে বরফ বলা হয়। বায়ুমণ্ডলে ইহা বাষ্পাকারে অবস্থিত। ইহা ব্যতীত, প্রাণিদেহে এবং উদ্ভিদ্ ও শস্যেও ইহার অবস্থিতি লক্ষিত হয়। অনেক খনিজ ও রাসায়নিক দ্রব্যেও ইহা বিদ্যমান।

প্রাকৃতিক জল : অবস্থিতি অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে চার শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে : (১) বৃষ্টি-জল, (২) ঝরনা বা নল-কূপ-জল, (৩) নদী-জল ও (৪) সমুদ্র-জল।

(১) **বৃষ্টি-জল :** সমুদ্র, হ্রদ, নদ-নদী ও অন্যান্য জলাশয় হইতে জল বাষ্পাকারে উত্থিত হইয়া এবং বায়ুমণ্ডলে স্বল্প পরিমাণে শীতল হইয়া মেঘের সৃষ্টি করে। মেঘ আর একটু ঠাণ্ডা হইলে জল বৃষ্টিরূপে পৃথিবীর উপর পতিত হয়। সুতরাং বৃষ্টির জলকে স্বাভাবিক উপায়ে প্রস্তুত পাতিত জল বলা যাইতে পারে। কিন্তু ইহা পাতিত জলের ন্যায় সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নহে। বায়ু-মণ্ডলের মধ্য দিয়া পতিত হইবার সময় ইহাতে অবস্থিত, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী পদার্থ এবং ধূলি ও বালিকণা প্রভৃতি ভাসমান কঠিন পদার্থ ইহার সহিত মিশ্রিত হয়।

কিন্তু এই সমস্ত পদার্থের পরিমাণ খুবই অল্প। এইজন্য প্রাকৃতিক জলের মধ্যে ইহাই বিশুদ্ধতম।

ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইবার পর ইহার একাংশ জমির উপর দিয়া প্রবাহিত হইয়া নদী, নালা, পুকুর প্রভৃতি জলাশয়ে পড়িয়া থাকে এবং অবশিষ্টাংশ শোষিত হইয়া মাটির অভ্যন্তরে অদৃশ্য হইয়া যায়।

(২) **ঝরণা বা কূপ-জল:** বৃষ্টির জল মাটির ভিতরে শোষিত হইবার সময় ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম প্রভৃতি ধাতুর বাই-কারবনেট, ক্লোরাইড, সালফেট প্রভৃতি লবণ দ্রবীভূত করিয়া থাকে। সুতরাং মাটির অভ্যন্তরস্থ জল এই সমস্ত ধাতব লবণের দ্রব। কিন্তু এই জলে কোনরূপ ভাসমান ও অদ্রাব্য অপদ্রব্য (Impurity) থাকে না, কারণ এই সমস্ত অদ্রাব্য পদার্থ মাটির উচ্চতর বিভিন্ন স্তরে আবদ্ধ হইয়া পড়ে। সেই জন্য এই জল স্বচ্ছ। ইহাই ঝরনা জল রূপে বা নল-কূপের সাহায্যে পুনরায় ভূ-পৃষ্ঠে উত্থিত হয়।

(৩) **নদী-জল:** ভূ-পৃষ্ঠস্থ জল নদীতে পড়িয়া থাকে। এই জলে দ্রাব্য ও অদ্রাব্য এই দুই প্রকার অপদ্রব্যই বিদ্যমান। তবে দ্রাব্য অপদ্রব্য অপেক্ষা অদ্রাব্য অপদ্রব্যের অনুপাতই ইহাতে অধিক দেখা যায়। ইহার অদ্রাব্য মৃত্তিকা গঠিত অপদ্রব্যকে কাদা বলা হয়।

(৪) **সমুদ্র-জল:** নদী-জল তাহার সমস্ত দ্রাব্য অপদ্রব্য এবং তাহার ভাসমান অপদ্রব্যের কতকাংশ সমুদ্রে পৌছাইয়া দেয়। নদীর মোহানার অনতিদূরে ভাসমান অপদ্রব্য থিতাইয়া ক্রমশঃ ব-দ্বীপ সৃষ্টি করে। সুতরাং সমুদ্র-জল স্বচ্ছ। ইহাতে দ্রবীভূত অপদ্রব্যের অনুপাত সর্বাপেক্ষা অধিক। এই সমস্ত দ্রবীভূত অপদ্রব্যের মধ্যে খাদ্য লবণের অনুপাত অত্যন্ত বেশী। সেইজন্য খাদ্য-লবণ সমুদ্র-জল হইতে প্রস্তুত করা হয়। অতিরিক্ত লবণাক্ত বলিয়া ইহা অপেয়।

প্রাকৃতিক জলের স্বাদ অনুসারে তাহাকে (ক) **মিষ্ট জল** ও (খ) **খনিজ জল** এই দুই শ্রেণীতেও ভাগ করা যায়।

(ক) **মিষ্ট জল:** ইহা স্বাদহীন প্রাকৃতিক জল। ইহাতে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ এত বেশী থাকে না যাহাতে স্বাদ সৃষ্টি হইতে পারে। বৃষ্টি-জল, নদী-জল ও সাধারণ ঝরনা বা কূপ-জল এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

(খ) **খনিজ জল:** ইহাতে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ এত অধিক যে ইহার জন্য এই জলের একটি বিশিষ্ট স্বাদ থাকে।

সোডা-ওআটার, লেমনেড প্রভৃতি বাতান্বিত জল এই শ্রেণীর অন্তর্গত। ইহাদের প্রস্তুতিতে পানীয় জল বোতলে রাখিয়া তাহাতে অত্যধিক চাপে কারবন ডাই-

অক্সাইড দ্রবীভূত করা হয় ; তারপর বোতলের মুখ নানাভাবে বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। চিনি, সোডিয়ম বাই-কারবনেট, আদার রস ও অন্যান্য নানাবিধ দ্রব্য দ্বারা এইরূপ জলের ভিন্ন ভিন্ন স্বাদ প্রস্তুত করা হয়।

৮. প্রাকৃতিক জলে বিভিন্ন শ্রেণীর অপদ্রব্যের অবস্থিতি ও তাহাদের অপসারণ পদ্ধতি : প্রাকৃতিক জলে তিন শ্রেণীর অপদ্রব্য বিদ্যমান : (১) ভাসমান অদ্রাব্য বস্তু ; (২) দ্রবীভূত বস্তু ও (৩) টাইফয়েড, কলেরা, অ্যানথ্র্যাক্স প্রভৃতি রোগের জীবাণু। এই সমস্ত অপদ্রব্যকে নিম্নোক্ত পদ্ধতিগুলির দ্বারা অপসারিত করা যায় : (ক) থিতান ও আস্রাবণ, (খ) পরিস্রাবণ, (গ) পাতন ও (ঘ) জীবাণু শোধন। প্রথম তিনটি পদ্ধতি সম্বন্ধে তৃতীয় অধ্যায়ে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। চতুর্থটি সম্বন্ধে বলা যাইতে পারে যে ব্লিচিং পাউডার, তরল ক্লোরিণ, ওজোন প্রভৃতি জীবাণুনাশক দ্রব্য শেষ পর্যায়ে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

৯. পানীয় জল : নলকূপের জল ভিন্ন অন্যান্য প্রাকৃতিক জল অধিকাংশ ক্ষেত্রেই পানীয় জল হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে না। পানীয় জল ভাসমান পদার্থ ও রোগের জীবাণু মুক্ত হওয়া উচিত। ইহাতে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণও এত কম থাকা উচিত যাহাতে ইহা বিস্বাদ না লাগে। পাতিত জলও পানীয় হিসাবে ব্যবহার করা হয় না, কারণ ইহা স্বাদহীন। সামান্য পরিমাণে লবণ জাতীয় দ্রব্য অক্সিজেন ও কারবন ডাই-অক্সাইড ইহাতে দ্রবীভূত থাকে বলিয়া পানীয় জল স্বাদযুক্ত হয়।

গ্রামে পারিবারিক ব্যবহারের জন্য জীবাণুমুক্ত পানীয় জল প্রস্তুতিতে চারটি মাটির কলসের প্রয়োজন। তিনটির তলদেশ প্রথমে ফুটা করিয়া তাহা খড়ের গুঁজি দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। তারপর তাহাদিগকে কাঠের বা বাঁশের কাঠামোর উপর পর পর সাজাইয়া রাখা হয়। সকলের উপরেরটি খালি রাখিয়া—তাহাতে নদীর বা পুকুরের জল ফুটাইয়া ঠাণ্ডা হইলে সামান্য ফটকিরি-চূর্ণ মিশাইয়া ঢালিতে হয়। তার নীচেরটিতে কাঠকয়লা রাখা হয়। তৃতীয়টিতে বালি রাখা হয়। সকলের নীচেরটি মাটিতে একটি খড়ের বেড়ের উপর বসাইতে হয়। সকলের উপরের কলসী হইতে জল চোয়াইয়া দ্বিতীয়টিতে পড়ে। সেখানে কয়লার দ্বারা আংশিক শোধিত হইয়া তৃতীয়টিতে ফোঁটায় ফোঁটায় পড়ে। সেখানে বালি দ্বারা শোধিত হইয়া স্বচ্ছ ও জীবাণুমুক্ত জল খড়ের গুঁজি চোয়াইয়া সর্বনিম্ন কলসে পড়িয়া সঞ্চিত হয়।

বড় বড় সহরে পানীয় জল সরবরাহে বৃহদাকারে এই কার্যনীতিই অবলম্বন করা হয়। নিকটস্থ নদী বা বৃহৎ জলাশয় হইতে পাম্প দ্বারা জল তুলিয়া প্রথমে কয়েক

বড় বড় বাঁধান পুকুরে রাখা হয়। এই সমস্ত পুকুরে লোহার জালের খাঁচায় করিয়া ফটকিরি বা অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের টুকরা জলে ডুবাইয়া রাখা হয়। এখানে ফটকিরি বা অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের সাহায্যে জলের ভাসমান অদ্রাব্য অপদ্রব্য আস্তে আস্তে থিতাইয়া পড়ে।

এইরূপে পরিষ্কৃত জল সাবধানে উপর হইতে টানিয়া পার্শ্বে তৈয়ারী বড় বড় পরিস্রাবক পুকুরে চালিত করা হয়। পরিস্রাবক পুকুরগুলি চতুষ্কোণ ও ইট দ্বারা প্রস্তুত। ইহাদের তলদেশ সমতল নহে। দেওয়াল হইতে ক্রমশঃ নীচু হইয়া ইহা মধ্যস্থলে সর্বাপেক্ষা নীচু। এই নিম্নতম স্থানে, মুখে ঝাঁঝরাযুক্ত একটি নির্গম-নল আঁটিয়া দেওয়া হয়। ইহাদের তলদেশ কয়েক হাত পুরু কাঁকরের স্তর দ্বারা আবৃত থাকে। তাহার উপরে একটি মোটা দানাযুক্ত বালির স্তর ও তাহার উপরে একটি মিহি বালির স্তর রাখা হয়। এই সমস্ত স্তরের মধ্য দিয়া চুয়াইবার সময়ে জল সম্পূর্ণরূপে পরিস্রুত হইয়া পড়ে। অবশেষে নির্গম-নলের সাহায্যে ইহা বিশেষভাবে গঠিত জলাধারে নীত হইয়া থাকে। সেখানে উপযোগী জীবাণুনাশক দ্রব্য দ্বারা ইহাকে জীবাণুমুক্ত করিয়া সেখান হইতে পাম্পের সাহায্যে ইহা উচ্চে স্থাপিত ও বদ্ধ ধাতব চৌবাচ্চায় উত্তোলিত হয়; সেখান হইতে উপযোগী বণ্টন-নল দ্বারা ইহাকে ঘরে ঘরে পৌঁছাইয়া দেওয়া হয়।

কলিকাতার পানীয় জল ব্যারাকপুরের নিকটবর্তী পলতায় শোধিত হইয়া টালার চৌবাচ্চায় উত্তোলিত হয় এবং সেখান হইতে প্রতি বাড়ীতে ও রাস্তায় সরবরাহ করা হয়।

কোন কোন স্থানে মোটা নলকূপ বসাইয়া পাম্পের সাহায্যে ভূগর্ভস্থ জল উত্তোলন করিয়া পানীয় জল রূপে সরবরাহ করা হয়।

মৃদু জল (Soft Water) ও খরজল (Hard Water): সাবানের সহিত জলের ফেনা উৎপাদনের ক্ষমতা বিবেচনা করিয়া উহাকে মৃদুজল ও খরজল এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে।

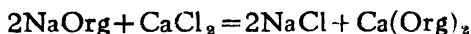
মৃদু জল: যে জলে সাবান ঘষিলে অতি সহজেই ফেনা উৎপন্ন হয় তাহাকে **মৃদুজল** বলে। নদী, পুকুর ও পাতকুয়ার জল সাধারণতঃ মৃদু হইয়া থাকে।

খরজল: যে জলে সাবান ঘষিলে, বেশী সাবান নষ্ট না হওয়া পর্যন্ত ফেনা উৎপন্ন হয় না তাহাকে **খরজল** বলে। গভীর নলকূপের জল, প্রস্রবণ জল ও সমুদ্র জল এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

খরতার (Hardness) কারণ: জলে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের লবণের দ্রবীভূত অবস্থায় অবস্থিতিই খরতার কারণ। সাধারণতঃ খরজলে ক্যালসিয়ম

ও ম্যাগনেসিয়মের বাই-কারবনেট, সালফেট ও ক্লোরাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

সাবান, প্যামিটিক (Palmitic), ওলেইক (Oleic) ও ষ্টিয়ারিক (Stearic) অ্যাসিড নামক জৈব অ্যাসিডের জলে দ্রবণীয় সোডিয়ম বা পটাসিয়ম-লবণ। ধোতি-সাবান সোডিয়ম-লবণ ও প্রসাধনী সাবান পটাসিয়ম-লবণ। খরজলে সাবান ঘষিলে সাবানের সহিত জলে অবস্থিত ক্যালসিয়ম ও / বা ম্যাগনেসিয়ম-লবণের বিপরিবর্ত (Double decomposition) ঘটিয়া ঐ সমস্ত অ্যাসিডের জলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম ও / বা ম্যাগনেসিয়ম-লবণ উৎপন্ন হয় এবং গাদের আকারে থিতাইয়া পড়ে। Org যদি জৈব অ্যাসিডের আম্লিক মূলকের সংকেত ধরা হয়, তবে এই বিপরিবর্ত নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে ব্যক্ত করা যায়:

$$\underset{\text{সাবান}}{2NaOrg} + CaCl_2 = 2NaCl + \underset{\text{গাদ}}{Ca(Org)_2}$$

সুতরাং সমস্ত ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম-লবণ অপসারিত না হওয়া পর্যন্ত জৈব অ্যাসিডের সোডিয়ম বা পটাসিয়ম-লবণ খরজলের সংস্পর্শে আসিয়া ফেনা উৎপাদন করিতে পারে না।

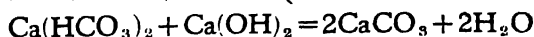
খরতার শ্রেণী বিভাগ: জলের খরতা **অস্থায়ী** ও **স্থায়ী** এই দুই প্রকারের হইতে পারে।

যে খরতা জল ফুটাইয়া বা অন্য কোন সহজ উপায়ে নষ্ট করা যায় তাহাকে **অস্থায়ী (Temporary) খরতা** বলে। ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম বাই-কারবনেটের অবস্থিতি এই খরতার কারণ। জল ফুটাইলে এই দুইটি দ্রবণীয় বাই-কারবনেট ভাঙ্গিয়া অদ্রাব্য কারবনেট, জল ও কারবণ ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয় এবং ইহার ফলে কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং খরজল মৃদু জলে পরিণত হয়:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

চুনের জলের প্রয়োগেও অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

ইহাকে **ক্লার্ক পদ্ধতি** বলে।

জল ফুটাইয়া বা চুণের জলের সাহায্যে যে খরতা নষ্ট করা যায় না তাহাকে **স্থায়ী (Permanent) খরতা** বলে। ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের ক্লোরাইড বা সালফেটের অবস্থিতি স্থায়ী খরতার কারণ।

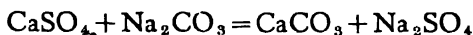
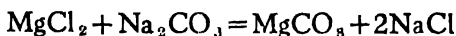
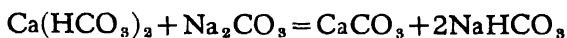
এই উভয়বিধ খরতাই পাতন পদ্ধতিতে দূর করা যায়। কিন্তু খরচের দিক

দিয়া বিচার করিলে এই পদ্ধতি সুবিধাজনক নহে। সেইজন্য উভয়বিধ খরতা নিম্নোক্ত দুইটি পদ্ধতিতে সাধারণতঃ দূর করা হয়:

(ক) **সোডা-পদ্ধতি:** সোডিয়ম কারবনেটের (ধোতি-সোডা) সহিত বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের বাই-কারবনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের কারবনেট উৎপাদন করে:

$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaHCO_3$$

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$

(খ) **পারমুটিট পদ্ধতি** (**Permutit process**): কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত সোডিয়ম অ্যালুমিনো-সিলিকেটকে **পারমুটিট** বলে। ইট বা লৌহের তৈয়ারী, বেলনাকার প্রকোষ্ঠে রক্ষিত পারমুটিটের স্তরের ভিতর দিয়া খরজল উপর হইতে নীচের দিকে চালিত করিলে পারমুটিটের সহিত জলমধ্যস্থিত লবণের বিপরিবর্ত ঘটে যাহার ফলে জলের ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম-লবণ সোডিয়ম লবণে পরিবর্তিত হয় এবং ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম অ্যালুমিনো-সিলিকেট তৈয়ারি হয়। এইরূপে জল হইতে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম আয়ন দূরীভূত হওয়ায় তাহার খরতা নষ্ট হইয়া যায়।

কয়েকদিন ব্যবহারের ফলে পারমুটিটের জল হইতে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম আয়ন দূরীকরণের ক্ষমতা হ্রাস পায়। তখন তাহার ভিতর দিয়া খাদ্য-লবণের গাঢ়. জলীয় দ্রব চালিত করিলে পারমুটিটে অবস্থিত ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম আয়ন পুনরায় সোডিয়ম আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং সেইজন্য পারমুটিট আবার তাহার জলের খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা ফিরিয়া পায়।

খরজল ব্যবহৃত না হইবার ক্ষেত্র: বয়লারে (Boiler) জল ফুটাইয়া স্টীম প্রস্তুত করা হয়—যাহার সাহায্যে নানারূপ যন্ত্র চালনা করা হয়। এখানে খরজল ব্যবহার করা যায় না। কারণ খরজল ব্যবহার করিলে ইহার ভিতরের দেওয়ালে তাপ-অপরিবাহী কারবনেট ও সালফেটের প্রলেপ পড়ে—যাহার জন্য জল স্টীমে পরিণত করিতে অতিরিক্ত কয়লা পোড়াইতে হয় এবং দেওয়ালও ক্রমে ক্রমে অশক্ত হইয়া পড়ায় উহা ফাটিবার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই প্রলেপকে বয়লারের আঁশ (Scale) বলে।

কাপড়-চোপড় পরিষ্কার করিতেও খরজল ব্যবহার করা যায় না। কারণ তাহাতে অতিরিক্ত সাবান খরচ হয়।

কাগজ, কৃত্রিম রেশম ও রংএর কারখানাতে মৃদুজল ব্যবহার করিতে হয়।

ফটোগ্রাফি ও ঔষধের কারখানায় বিশুদ্ধ পাতিত জল ব্যবহার করিতে হয়। অত্যধিক খরতা থাকিলে তাহা পানীয়রূপেও ব্যবহার করা উচিত নহে, কারণ তাহাতে নানারূপ পেটের গণ্ডগোলের সম্ভাবনা।

জলের গুণ : ভৌত গুণ—বিশুদ্ধ জল এক প্রকার স্বচ্ছ, স্বাদহীন, বর্ণহীন ও গন্ধহীন তরল পদার্থ। 4°Cএ ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1 ধরা হয়। ইহার হিমাঙ্ক 0°C ও স্ফুটনাঙ্ক 100°C। ইহা একটি অত্যন্ত শক্তিশালী দ্রাবক। ইহা বহুপ্রকার গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন পদার্থ দ্রবীভূত করিতে পারে এবং ইহার শোধনের ব্যয়ও অপেক্ষাকৃত কম। সেইজন্য বহুক্ষেত্রে ইহাকে দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা হয় এবং ইহাকে সার্বজনীন দ্রাবক বলা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড, কস্টিক সোডা প্রভৃতি কতকগুলি বস্তুর ইহাতে দ্রবীভূত হইবার সময় তাপ নিঃসৃত হয় এবং দ্রব গরম হইয়া ওঠে। অপরপক্ষে অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড প্রভৃতি বস্তুর দ্রবীভূত হইবার সময়ে তাপ শোষিত হয়—যাহার ফলে দ্রব অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে।

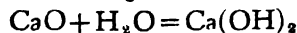
রাসায়নিক গুণ : ইহা একটি প্রশম অক্সাইড, লাল কিংবা নীল লিটমস দ্রবের রং ইহাতে পরিবর্তিত হয় না। ইহা সোজাসুজি আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া যথাক্রমে অক্সি-অম্ল বা অক্সি-অ্যাসিড ও ক্ষার উৎপন্ন করে।

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

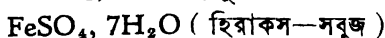
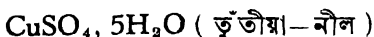
$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

ও

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

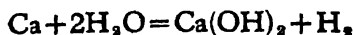
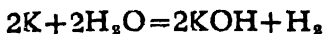
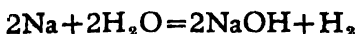
$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

কোন কোন লবণের কেলাসিত হইবার সময় ইহা তাহাদের সহিত এক প্রকার শিথিল রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া সোদক কেলাস উৎপাদন করে। তখন ইহাকে কেলাস-জল বলে। ইহার উপর নির্ভর করে কেলাসের আকৃতি ও রং।

$CuSO_4, 5H_2O$ (তুঁতীয়া—নীল)

$FeSO_4, 7H_2O$ (হিরাকস—সবুজ)

সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম নামক ধাতু তিনটির সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা হাইড্রোজেন ও উহাদের হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করে।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$$

$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$

ইহা স্টীমরূপে উত্তপ্ত লৌহ, দস্তা ও ম্যাগনেসিয়মের সহিত বিক্রিয়া করে।

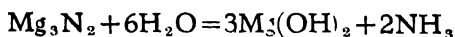
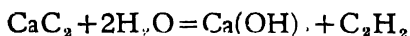
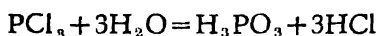
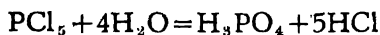
ক্লোরিণ, লোহিত-তপ্ত কয়লা প্রভৃতি কয়েকটি অধাতুর সহিতও ইহা বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

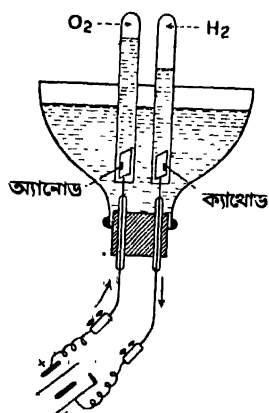
নানাবিধ যৌগের সহিতও ইহা বিক্রিয়া করিতে পারে।

$$PCl_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$$

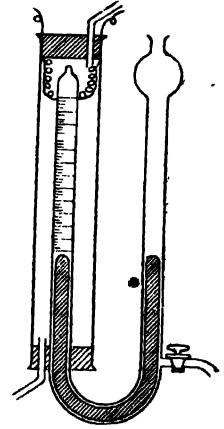
$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$

পরিচায়ক পরীক্ষা : ইহা একটি স্বাদহীন, গন্ধহীন ও বর্ণহীন তরল পদার্থ—যাহার হিমাঙ্ক 0°C ও স্ফুটনাঙ্ক 100°C। ইহা সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীলবর্ণ করে। বেরিয়ম ক্লোরাইড ও সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে ইহা অধঃক্ষেপ ফেলে না। বর্ণহীন নেস্‌লার দ্রবে ইহা হলুদ রং আনে না।

জলের আয়তনিক সংযুতি : (১) বৈশ্লেষিক পদ্ধতি (Analytical Method) —তড়িদ্‌বিশ্লেষণ : ৪৫ নং চিত্রানুযায়ী ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়। এই ব্যবস্থায় একটি কাচের পাত্রের তলদেশের মধ্য দিয়া দুইটি প্লাটিনমের তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করাইয়া উহাদিগকে একটি ব্যাটারির পরা ও অপরা মেরুর সহিত তামার তারের সাহায্যে সংযুক্ত করিতে হয়। উহাতে এখন কিছু অম্লীকৃত জল ঢালিয়া ঐ তড়িৎ-দ্বার দুইটির উপর একই অম্লীকৃত জলপূর্ণ, অংশাঙ্কিত ও এক মুখ বন্ধ দুইটি কাচের নল উপুড় করিয়া বসাইতে হয়। এখন বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত করিলে জল তড়িদ্‌-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপাদন করে। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জলভ্রংশ দ্বারা যথাক্রমে ক্যাথোড ও অ্যানোডের উপর বসান নলে সংগৃহীত হয়। কিছুক্ষণ চালনা করিবার পর বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিলে দেখা যায় যে হাইড্রোজেনের আয়তন অক্সিজেনের আয়তনের দ্বিগুণ।

চিত্র—৪৫

অর্থাৎ জলে দুই আয়তনের হাইড্রোজেন, এক আয়তনের অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত আছে। ইহাই জলের আয়তনিক সংযুতি।

(২) সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (Synthetic Method) : এই পদ্ধতিতে একটি U-আকৃতির গ্যাসমান যন্ত্র (চিত্র—৪৬) ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রের একটি মুখ বন্ধ এবং এই বন্ধ বাহুটি অংশাঙ্কিত। এই অংশে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা করিবার জন্য দুইটি প্ল্যাটিনম-তার, বাহুর দুইটি ক্ষুদ্র অংশ গলাইয়া তাহাদের ভিতর দিয়া প্রবেশ করাইতে হয়, যাহাতে ঐ অংশ দুইটি কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হইলে প্ল্যাটিনমের তার দুইটির সংযোগস্থল বায়ুরোধী হয়। ইহার অপর বাহুর নীচের দিকে স্টপ্‌কক-যুক্ত একটি নির্গম-নল লাগান থাকে এবং এই বাহুর মুখ বাল্‌বের আকৃতি বিশিষ্ট ও উন্মুক্ত। প্রথমে বন্ধ বাহুটি সম্পূর্ণরূপে পারদ-পূর্ণ করিতে হয়। পরে অপর বাহুর স্টপ্‌কক খুলিয়া নির্গম-নলের মধ্য দিয়া কিছু পারদ বাহির করিয়া লইয়া বন্ধ বায়ুর উপরিভাগের ফাঁকা স্থানে কিছু আয়তনীয় 2 : 1 অনুপাতের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শুষ্কীকৃত মিশ্র প্রবেশ করাইতে হয়। তারপর উহাকে চিত্রানুযায়ী কাচের কঞ্চুক দ্বারা ঘিরিয়া উভয় নলের মধ্য দিয়া ফুটন্ত অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্প (132°C উষ্ণতা) চালনা করিতে হয়। ইহার ফলে আবদ্ধ গ্যাসীয় মিশ্রটি ক্রমশঃ উত্তপ্ত হইয়া অবশেষে 132°C উষ্ণতা প্রাপ্ত হয়। তারপর উভয় বাহুর পারদের উপরিতল একই উচ্চতায় আনিয়া মিশ্রের আয়তন পড়িয়া জানিতে হয়। উভয় বাহুর পারদের উপরিতল একই উচ্চতায় আনিলে মিশ্রের চাপ বায়ু-মণ্ডলীয় চাপের সমান হয়। এখন উন্মুক্ত বাহু-সংলগ্ন নির্গম-নলের স্টপ্‌কক খুলিয়া পারদ বাহির করিয়া মিশ্রের আয়তন বৃদ্ধি করিতে হয়। তারপর মিশ্রে প্রবিষ্ট প্ল্যাটিনম তার দুইটি আবেশ কুণ্ডলীর (Induction Coil) সহিত যুক্ত করিয়া এবং উন্মুক্ত বাহুর মুখ বৃদ্ধাঙ্গুলি দ্বারা বন্ধ করিয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা করিলে মিশ্রের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগে স্টীম উৎপন্ন হয়, কারণ ঐ স্থানের উষ্ণতা 132°C যাহা জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C হইতে উচ্চতর। এখন উভয় বাহুর পারদের উপরিতল আবার সমান উচ্চতায় আনিয়া স্টীমের চাপ বায়ু-মণ্ডলীয় চাপের সমান করিয়া তাহার আয়তন জানিতে হয়। ইহাতে দেখা যায় যে স্টীমের আয়তন ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন-মিশ্রের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ। অর্থাৎ একই চাপে ও উষ্ণতায় আয়তনীয় দুইভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগে দুইভাগ স্টীম উৎপন্ন হয়। ইহাই স্টীমের আয়তনিক সংযুতি।

চিত্র—৪৬

স্টীমের সংকেত : আমরা জানি যে,

আয়তনীয় 2 ভাগ হাইড্রোজেন + 1 ভাগ অক্সিজেন = 2 ভাগ স্টীম।

ইহাতে অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করিলে,

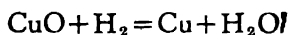
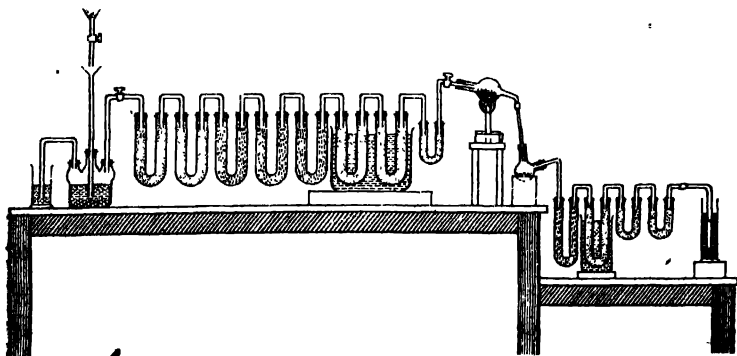
2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু স্টীম।

অর্থাৎ 1 অণু স্টীমে 1 অণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ অণু অক্সিজেন আছে।

কিন্তু আমরা জানি যে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক। সুতরাং এক অণু স্টীমে, দুই পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ H_2O, স্টীমের আণবিক সংকেত।

কিন্তু স্টীম তরলতা প্রাপ্ত হইয়া জলে পরিণত হইবার সময় ইহার অনেকগুলি সাধারণ অণু একত্রে ঘনীভূত হইয়া বৃহত্তর কণিকার সৃষ্টি করে। সুতরাং জলের আণবিক সংকেতকে $(H_2O)n$ দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

জলের তৌলিক সংযুতি : ডুমার পদ্ধতি (Duma's Method) : দশম অধ্যায়ে অক্সিজেনের যোজনভার নির্ণয়ের সময় এই পদ্ধতি বর্ণনা করা হইয়াছে। নির্দিষ্ট ওজনের উত্তপ্ত কাল কপার অক্সাইডের উপর দিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন চালনা করিলে কপার অক্সাইডের এক অংশ বিজারিত হইয়া কপারে এবং হাইড্রোজেন জারিত হইয়া স্টীমে পরিণত হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

স্টীম হাইড্রোজেনের সহিত বাহিত হইয়া পূর্বকৃত ওজনের কয়েকটি U-নল-স্থিত কঠিন KOH এবং P_2O_5-এ শোষিত হয়। পরীক্ষা শেষ হইবার পর অবশিষ্ট CuO

চিত্র—৪৭

ও Cu সহ বাল্ব-নলের ওজন লইয়া হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন

বাহির করা হয়। শোষক পদার্থ ও শোষিত জল সহ U-নলের ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন জলের ওজন জানা হয় এবং উৎপন্ন জলের ওজন হইতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন বিয়োগ দিয়া হাইড্রোজেনের ওজন বাহির করা হয়।

এই পরীক্ষার ফল হইতে জানা গিয়াছে যে পারমাণীয় 9 ভাগ জলে 1 ভাগ হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ অক্সিজেন থাকে। পরিমাণীয়

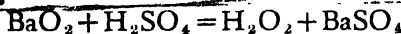
ডুমার যন্ত্রের ছবি ৪৭নং চিত্রে দেওয়া হইল।

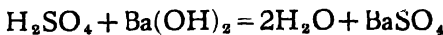
(২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

সংকেত, H_2O_2। আণবিক গুরুত্ব, 34

থেনার্ড 1819 খৃষ্টাব্দে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবিষ্কার করেন।

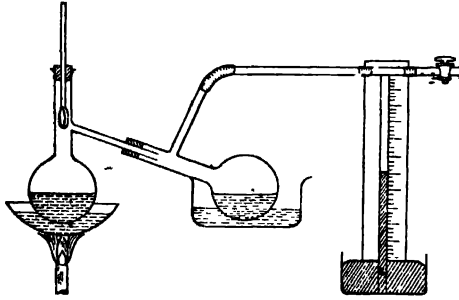
প্রস্তুতি: পরীক্ষাগার-পদ্ধতি:— প্রথমে খল ও নুড়ির সাহায্যে জলের সহিত বিশুদ্ধ ও সোদক বেরিয়ম পার-অক্সাইড (BaO_2, $8H_2O$) বেশ করিয়া মাড়িয়া পাতলা লেই-এর মত করিতে হয়। পরে উহাকে একটি বীকারে ঢালিয়া এবং বীকারটিকে বরফের টুকরার মধ্যে বসাইয়া 0°Cএর কাছাকাছি উষ্ণতায় ঠাণ্ডা কবিতে হয়। অপর একটি বীকারে 1 : 5 অনুপাতের সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব লইয়া তাহাও ঐরূপে ঠাণ্ডা করিতে হয়। উভয় বস্তু ঠাণ্ডা হইলে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি কাচদণ্ড দিয়া ক্রমাগত নাড়িতে নাড়িতে যতক্ষণ পর্যন্ত না উহা সামান্য মাত্রায় আম্লিক থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত উহাতে বেরিয়ম পার-অক্সাইডের লেই আস্তে আস্তে ঢালিতে হয়। বেরিয়ম পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অদ্রাব্য বেরিয়ম সালফেট উৎপন্ন হয়:

$$BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4$$

বেরিয়ম সালফেটকে বীকারের তলদেশে থিতাইতে দিয়া পরে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত সামান্য মাত্রায় আম্লিক ও পরিষ্কার দ্রব ঠিকভাবে বেরিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রব, ব্যারাইটা জল (Baryta-water) দ্বারা প্রশমিত করিয়া অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়ম সালফেট হইতে পরিস্রুত করিতে হয়:

$$H_2SO_4 + Ba(OH)_2 = 2H_2O + BaSO_4$$

এই পরিস্রুৎ, বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রব।

বেরিয়ম পার-অক্সাইডের পরিবর্তে সোডিয়ম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা যাইতে পারে। সালফিউরিক অ্যাসিডের বদলে ফসফরিক অ্যাসিডও ব্যবহৃত হইতে পারে।

অনার্দ্র হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড: হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু

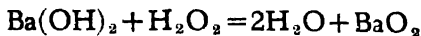
জলীয় দ্রব উন্মুক্ত পোরসিলেন-খর্পরে একটি জলগাহের উপর উত্তপ্ত করিলে অধিকতর উদ্বায়ী জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং উত্তপ্ত দ্রব ক্রমশঃ অধিকতর গাঢ় হয়। যখন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অনুপাত শতকরা 66 ভাগ হয়, তখন উহা বিযোজিত হইতে আরম্ভ করে। এরূপ অবস্থায় উহাকে ৪৮ নং চিত্রানুযায়ী নীচু চাপে (15 এম. এম.) পাতিত করিলে অবশেষে অত্যন্ত গাঢ় 99·1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

চিত্র—৪৮

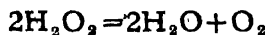
এই পাতিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বরফ ও খাদ্য-লবণ মিশ্রের দ্বারা $-10°C$এ ঠাণ্ডা করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের কেলাস পাওয়া যায়। এই সমস্ত কেলাস পৃথক করিয়া একটি কাচের থালিতে অনুপ্রেষ (Vacuum) শোধকাধারে রাখিলে উহা ধীরে ধীরে সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

পণ্য-পদ্ধতি : 20% সালফিউরিক অ্যাসিড বরফ দ্বারা ঠাণ্ডা করিয়া তাহাতে আস্তে আস্তে ঠিক প্রয়োজনীয় পরিমাণ সোডিয়ম পার-অক্সাইড দেওয়া হয়। উৎপন্ন লবণের প্রায় 2/3 $Na_2SO_4, 10H_2O$ রূপে কেলাসিত অবস্থায় পৃথক হইয়া পড়ে। উপর হইতে তরল দ্রব্য পৃথক করিয়া লইয়া অনুপ্রেষ পাতনের সাহায্যে 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রব প্রস্তুত করা হয়। এই দ্রব **পারহাইড্রল** (Perhydrol) নামে বাজারে বিক্রীত হয়।

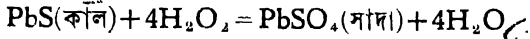
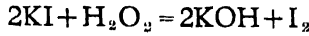
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গুণ : ভৌতগুণ : ইহা বিশুদ্ধ অবস্থায় এক রকম বর্ণহীন ও ঘন তরল পদার্থ। ইহার গন্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের গন্ধের ন্যায়। জলের সহিত ইহা যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে।

রাসায়নিক গুণ : ইহা অতি ক্ষীণ অ্যাসিডের ন্যায় কার্য করে। ইহা নীল লিটমস দ্রবের রং লাল করে এবং KOH, $Ba(OH)_2$ প্রভৃতি ক্ষার প্রশমিত করে :

$$Ba(OH)_2+H_2O_2=2H_2O+BaO_2$$

ইহা অত্যন্ত অস্থায়ী। সাধারণ উষ্ণতাতেও ইহা আস্তে আস্তে বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিবর্তিত হয়।

$$2H_2O_2=2H_2O+O_2$$

100°C উষ্ণতায় কিংবা স্বর্ণ, রৌপ্য, আয়োডিন এবং নানারকম অক্সাইডের অনুঘটক রূপে অবস্থিতিতে সাধারণ উষ্ণতাতেও এই বিয়োজন তাড়াতাড়ি ঘটিয়া থাকে। এই গুণের জন্য ইহা একটি শক্তিশালী জারক দ্রব রূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহা সালফাইড ও সালফাইটকে সালফেটে পরিণত করে এবং আয়োডাইড হইতে আইয়োডিনকে মুক্ত করে :

$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$$

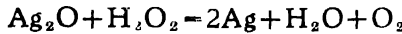
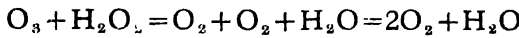
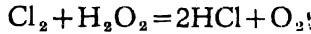
$$PbS(\text{কাল}) + 4H_2O_2 = PbSO_4(\text{সাদা}) + 4H_2O$$

এইজন্য দীর্ঘদিন বাতাসে উন্মুক্ত রাখায় কাল হইয়াছে এমন তৈলচিত্রের পূর্বের রং ফিরাইয়া আনিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

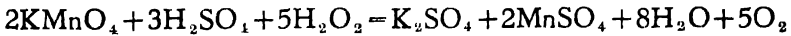
ওজন, সিলভার অক্সাইড, প্রভৃতি অধিকতর শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সহিত ইহা বিজারক রূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে ; কিন্তু এইরূপ ক্রিয়ায় ইহা নিজেও জারিত না হইয়া বিজারিত হইয়া যায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে উভয় পদার্থই বিজারিত হয়।

$$O_3 + H_2O_2 = O_2 + O_2 + H_2O = 2O_2 + H_2O$$

$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$$

ইহা ক্লোরিণকে বিজারিত করে

$$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$$

ইহা অম্লীকৃত পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবকে বিজারণ দ্বারা বর্ণহীন করে।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

রেশম, পালক প্রভৃতির সঙ্গে ইহা বিরঞ্জন দ্রব্য রূপেও ক্রিয়া করে। ইহা জীবাণুনাশক।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : ইহার জীবাণুনাশক গুণ থাকায় ইহা দূষিত ক্ষত ধৌত করিতে ব্যবহৃত হয়। তৈলচিত্রের প্রারম্ভিক রং ফিরাইয়া আনিতে ইহার ব্যবহার আছে। নানাপ্রকার জৈব-রাসায়নিক বিক্রিয়াতে ইহা জারক দ্রব্য রূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। রেশম, পালক প্রভৃতির বিরঞ্জনে ইহার প্রয়োগ আছে।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (১) অম্লীকৃত পটাসিয়ম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাইয়া ইথার দিয়া ঝাঁকাইলে ইথিরীয় স্তরের রং গাঢ় নীল হয়।

(২) ফেরাস সালফেটের অবস্থিতিতেও ইহা পটাসিয়ম আয়োডাইড হইতে অবিলম্বে আয়োডিন মুক্ত করে।

(৩) টাইটেনিয়ম ডাই-অক্সাইডের লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবে ইহা কমলা রং দেয়।

প্রশ্নমালা

১। প্রাকৃতিক জলের শ্রেণীবিভাগ কর। এই সমস্ত বিভিন্ন শ্রেণীর জলে কি কি প্রকৃতির অপদ্রব্য বিদ্যমান? কি কি পদ্ধতিতে প্রাকৃতিক জল শোধন করা হয়?

২। নদী-জলে কি কি প্রকৃতির অপদ্রব্য বিদ্যমান? ইহা হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করা যায়?

৩। মৃদুজল ও খরজল কাহাকে বলে? জলের খরতার কারণ কি?

৪। জলের খরতার শ্রেণী বিভাগ কর। বিভিন্ন শ্রেণীর খরতার কারণ কি? কি কি পদ্ধতিতে জলের খরতা দূর করা যায়?

৫। জলের অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা কাহাকে বলে? কিভাবে এই উভয়বিধ খরতা নষ্ট করা যায়? কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে খরজল ব্যবহার করা উচিত নয়?

৬। পানীয় জল কাহাকে বলে? কোন বড় সহরে কি করিয়া পানীয় জল প্রস্তুত করিয়া সরবরাহ করা হয়?

৭। ষ্টীমের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং ইহা হইতে ষ্টীমের সংকেত বাহির কর।

৮। ডুমা-পদ্ধতিতে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় কর।

৯। কি কি অবস্থায় নিম্নোক্ত দ্রব্যগুলি জলের সহিত বিক্রিয়া করে? সমীকরণের সাহায্যে এই সমস্ত বিক্রিয়া ব্যক্ত কর: (১) সোডিয়ম, (২) ম্যাগনেসিয়ম, (৩) লৌহ ও (৪) কাষ্ঠ কয়লা।

১০। কিভাবে পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রব প্রস্তুত করা যায় তাহা বর্ণনা কর। ইহার গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

ঊনবিংশ অধ্যায়

নাইট্রোজেন ও বায়ুমণ্ডল

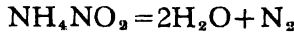
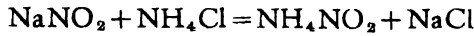
নাইট্রোজেন (Nitrogen)

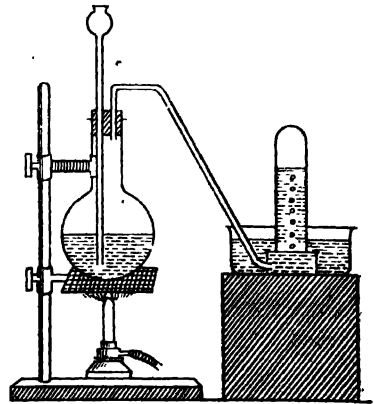
সংকেত, N_2। পারমাণবিক গুরুত্ব, 14।

আবিষ্কার ও অবস্থান: ডেনিয়েল রাদারফোর্ড **(Daniel Rutherford)** 1772 খৃষ্টাব্দে এই গ্যাস আবিষ্কার করেন। কিন্তু কয়েক বৎসর পরে ল্যাভয়সিয়ে ইহার মৌলত্ব প্রমাণ করেন। তিনি ইহার নাম দেন "অ্যাজোট" **(Azote)** (**A-no ; Zoe-life**), কারণ শুধু ইহাতে প্রাণী বাঁচিতে পারে না। নাইটারে **(Nitre)** ইহার অবস্থিতির জন্য ইহাকে সচরাচর **নাইট্রোজেন** বলা হয়।

প্রস্তুতি : (১) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি :** উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইটের (**Ammonium Nitrite**) বিযোজনে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। কিন্তু শুধুমাত্র অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকায়, সোডিয়ম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবের মিশ্র উত্তপ্ত করা হয়। এক্ষেত্রে প্রথমে ঐ দুই লবণের মধ্যে বিপরিবর্ত ঘটিয়া অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট বিযোজিত হইয়া জল ও নাইট্রোজেন প্রস্তুত করে :

$$NaNO_2 + NH_4Cl = NH_4NO_2 + NaCl$$

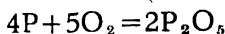
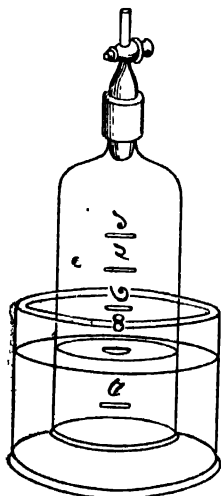
$$NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

একটি গোলতলাযুক্ত কূপীতে কর্কের সাহায্যে প্রথমে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও বাঁকা নির্গম-নল লাগাইতে হয়। ফানেলের নীচের মুখ যাহাতে দ্রবে ডুবিয়া থাকিতে পারে সেইজন্য উহাকে প্রায় কূপীর তলদেশ পর্যন্ত ঢুকাইতে হয়। নির্গম-নলের উপরের মুখ কূপীর সামান্য ভিতরে এবং উহার নীচের মুখ গ্যাস-দ্রোণীর জলের ভিতরে প্রবেশ করাইতে হয়। পূর্বোক্ত লবণ দুইটির গাঢ় দ্রবের মিশ্র ফানেলের মুখ দিয়া কূপীতে ঢালিয়া বুনসেন দীপশিখার সাহায্যে উহা উত্তপ্ত করিতে হয় এবং অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইটের বিযোজন আরম্ভ হইলে দীপটি সরাইয়া লইতে হয় কূপী-মধ্যস্থিত সমস্ত বাতাস অপসারণের জন্য কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া নাইট্রোজেন সংগ্রহের জন্য একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার নির্গম-নলের নীচের মুখের উপর উপুড় করিয়া রাখিতে হয়। জলভ্রংশ দ্বারা ঐ জারে গ্যাস সংগৃহীত হয় (চিত্র—৪৯)।

চিত্র—৪৯

এইরূপে প্রাপ্ত গ্যাস বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে অতি অল্প পরিমাণে নাইট্রোজেনের অক্সাইড, ক্লোরিণ, অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প থাকে। এই গ্যাস প্রথমে কস্টিক সোডার দ্রবের মধ্য দিয়া এবং পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিলে এই সমস্ত অপদ্রব্য অপসারিত হয়। তারপর তাহাকে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদের উপর সংগ্রহ করিতে হয়।

(২) **বায়ু হইতে প্রস্তুতি : (ক) শ্বেত বা পীত ফসফরসের সাহায্যে :** একটি পোরসিলেনের খর্পরে এক টুকরা শ্বেত বা পীত ফসফরস লইয়া উহা একটি বড় খোলা পাত্রে রক্ষিত জলে ভাসাইতে হয় এবং একখানা গরম লৌহ বা কাচদণ্ড দ্বারা স্পর্শ করিয়া ফসফরস টুকরায় আগুন ধরাইতে হয়। উহা পুড়িতে আরম্ভ করিলেই উহাকে একটি অংশাঙ্কিত বেলজার দিয়া চাপা দিতে হয় (চিত্র—৫০)।

চিত্র—৫০

তখন জলের উপরে বেলজারের ভিতরের অংশ ফসফরস পেণ্টক্সাইডের ঘন সাদা ধূমে আচ্ছন্ন হইয়া পড়ে :

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

কিন্তু ফসফরসের টুকরাটি কিছুক্ষণ পুড়িবার পর নিভিয়া যায় এবং উৎপন্ন ফসফরস পেণ্টক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বেলজার ঠাণ্ডা হইবার সময়ে আস্তে আস্তে জলমধ্যে অদৃশ্য হইয়া যায়। বেলজার ঠাণ্ডা হইলে দেখা যায় যে জল বেলজারের ভিতরে উপরদিকে উঠিয়া উহার আয়তনের 1/5 অংশ অধিকার করিয়াছে। বেলজারের ভিতরে বায়ুর যে অংশ অবশেষরূপে পাওয়া যায় তাহা দাহক নহে ; এইজন্যই ফসফরাস নিভিয়া যায়। ইহাই নাইট্রোজেন। ইহা বায়ুর আয়তনের 4/5 অংশ অধিকার করিয়া থাকে। বেলজারের ভিতরে আবদ্ধ বায়ুর 1/5 অংশ অক্সিজেন। ইহা ফসফরস পুড়িবার সময় রূপান্তরিত হইয়া অদৃশ্য হইয়া যায়।

(খ) **লোহিত-তপ্ত তাম্রের সাহায্যে :** একটি শক্ত কাচের নলে কিছু তাম্রের ছিবড়া লইয়া এবং তাহা দাহচুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া যথাক্রমে কঠিন কস্টিক পটাশ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত বায়ু ধীরে ধীরে চালিত করিলে উহার অক্সিজেন উত্তপ্ত তাম্রের সহিত যুক্ত হইয়া কপার অক্সাইড প্রস্তুত করে :

$$2Cu+O_2=2CuO$$

কিন্তু নাইট্রোজেন অপরিবর্তিত অবস্থায় উত্তপ্ত নল-সংলগ্ন নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া গেলে তাহা জলভ্রংস দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করিতে হয়।

(গ) **তরল বায়ু হইতে :** বায়ু প্রথমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করিয়া উপযোগী যন্ত্রের সাহায্যে উচ্চ চাপ হইতে অপেক্ষাকৃত নিম্ন চাপে বার বার সঞ্চালন করিলে উহা ক্রমশঃ অধিকতর ঠাণ্ডা হইতে হইতে অবশেষে

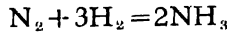
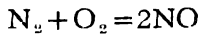
তরলতা প্রাপ্ত হয়। এই তরল বায়ুর আংশিক পাতন দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক এবং মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি।

বায়ু হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন, অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন হইতে অপেক্ষাকৃত ভারী। কারণ বায়ু হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেনে খুব অল্প পরিমাণ হিলিয়ম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্টন ও জেনন নামক পাঁচটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে এবং হিলিয়ম ভিন্ন আর চারিটি গ্যাসই নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী।

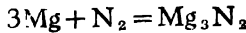
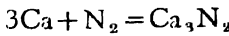
গুণ : ভৌতগুণ – নাইট্রোজেন এক প্রকার বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন ও স্বচ্ছ গ্যাসীয় পদার্থ। ইহা বাতাস হইতে সামান্য হালকা এবং জলে প্রায় অদ্রাব্য। ইহা বিষাক্ত নহে। কিন্তু ইহা প্রাণীর প্রশ্বাসের সহায়কও নহে।

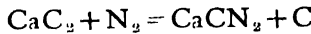
রাসায়নিক গুণ : ইহা দাহ্য ও দাহক নহে। ইহা একটি নিষ্ক্রিয় পদার্থ। সাধারণ অবস্থায় অন্য পদার্থের সহিত ইহার সাক্ষাৎভাবে কোনরূপ রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের প্রভাবে এবং অত্যধিক উষ্ণতায় অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ইহা অল্প পরিমাণে যথাক্রমে নাইট্রিক অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

লোহিত তাপে ইহা ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের সহিত যুক্ত হইয়া উহাদের নাইট্রাইড উৎপাদন করে।

$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

উত্তপ্ত ক্যালসিয়ম কারবাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা ক্যালসিয়ম সায়নাসাইড প্রস্তুত করে।

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। বৈদ্যুতিক বাল্ব তৈয়ারিতেও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

পরিচায়ক পরীক্ষা : ইহা একটি গন্ধহীন গ্যাস। ইহা দাহ্য ও দাহক নহে এবং স্বচ্ছ চুণের জল ঘোলা করে না।

গুণ প্রদর্শক পরীক্ষা : (১) এক জার নাইট্রোজেনের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং নাইট্রোজেনে আগুন ধরে না। ইহাতে প্রমাণ হয় যে নাইট্রোজেন দাহ্য ও দাহক নহে।

(২) এক জার নাইট্রোজেনের মধ্যে একখানা জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা বা তার প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া না গিয়া নিঃশেষ হইয়া না যাওয়া পর্যন্ত পুড়িতে থাকে এবং এক প্রকার সাদা পদার্থে পরিণত হয়। ইহাতে প্রমাণ হয় যে অত্যধিক উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ও ম্যাগনেসিয়মের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে।

বায়ুমণ্ডল (Atmosphere)

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার বায়ু ওজনে 1·293 গ্রাম। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব, 14·44।

আমাদের পৃথিবী একটি বিশাল গ্যাসীয় আবরণে ঘেরা। ইহাকে **বায়ুমণ্ডল** বলে। ইহা ঊর্ধ্বে 500 মাইল পর্যন্ত বিস্তৃত। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে উচ্চতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার ঘনত্ব কমিতে থাকে। ইহার ঘনত্ব এরূপভাবে না কমিলে ইহার ব্যাপ্তি ঊর্ধ্বে পাঁচ মাইলের বেশী হইত না।

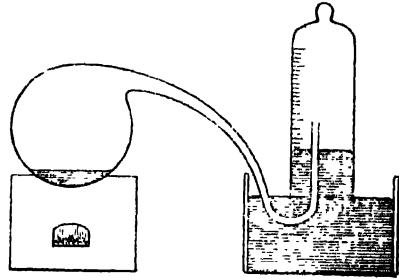
প্রাচীন কালে হিন্দু ও গ্রীক দার্শনিকেরা বায়ুকে একটি মৌল বলিয়া গণ্য করিত। কিন্তু অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষপাদে শীলে, প্রিষ্টলী ও ল্যাভয়সিয়ে বিভিন্ন পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করিয়াছিলেন যে বায়ু একটি মৌলিক পদার্থ নহে। ইহা মোটামুটিভাবে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড নামক চারিটি বস্তুর সামান্য মিশ্র। এই চারিটি বস্তু বাদেও ইহাতে অল্প পরিমাণ হিলিয়ম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্‌টন ও জেনন এই পাঁচটি বিরল ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস আছে। বায়ুর উপাদানসমূহের অনুপাত সর্বত্র ও সর্বদা নিত্য না থাকিলেও ইহার প্রভেদ এত অল্প যে ইহাকে মোটামুটিভাবে সমান ধরিয়া লওয়া যাইতে পারে। ইহাদের আয়তনিক অনুপাত নিম্নে প্রদত্ত হইল :

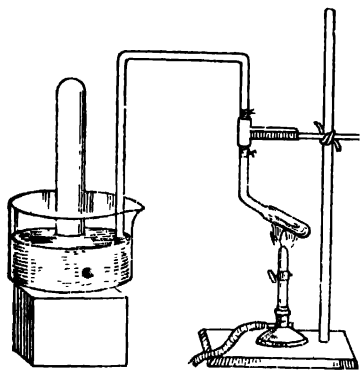
(১)	নাইট্রোজেন	77·11 ভাগ
(২)	অক্সিজেন	20·65 ,,
(৩)	জলীয় বাষ্প	1·41 ,,
(৪)	কারবন ডাই-অক্সাইড	0·03 ,,
(৫)	বিরল ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস	0·80 ,,
		100·00 ,,

এগুলি ভিন্নও ইহাতে ওজোন, নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের বাষ্প, অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফারেটেড হাইড্রোজেন, ধূলিকণা, জীবাণু প্রভৃতি অতি সামান্য পরিমাণে বিদ্যমান।

পূর্ব পৃষ্ঠায় বর্ণিত বায়ুর উপাদানসমূহের আয়তনিক শতকরা হার হইতে জানা যায় যে ইহার অন্যান্য উপাদানগুলি অপেক্ষাকৃত সামান্য পরিমাণে বিদ্যমান। সুতরাং নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনকেই ইহার মুখ্য উপাদান বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। ইহার এই দুই মুখ্য উপাদানের আয়তনিক ও পরিমাণীয় অনুপাত নিম্নে প্রদত্ত হইল :

	আয়তনিক	পরিমাণীয়
নাইট্রোজেন	79 ভাগ	77 ভাগ
অক্সিজেন	21 ,,	23 ,,

ল্যাভয়সিয়ের পরীক্ষা: 1775 খৃষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ে তাহার বিশ্ববিখ্যাত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে বায়ু একটি মৌলিক পদার্থ নহে, উহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে গঠিত। তিনি একটি কাচের বকযন্ত্রে নির্দিষ্ট পরিমাণে পারদ লইয়া তাহার গলা বাঁকাইলেন এবং বাঁকান গলাটি একটি উপুড় করা বেলজারের মধ্যে ঢুকাইয়া দিলেন। তারপর বকযন্ত্রের বাঁকান গলা সহ বেলজারটি একটি বড় ও খোলা পাত্রে রক্ষিত পারদের উপর বসাইয়া দিলেন (চিত্র—৫১)। সুতরাং এই অবস্থায় পারদের উপরে বেলজারের মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর সহিত বকযন্ত্রের মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর সংযোগ স্থাপিত হইয়াছিল। কিন্তু এইরূপ আবদ্ধ বায়ুর সহিত বাহিরের বায়ুর কোন সংযোগ ছিল না। তিনি বকযন্ত্রটি ক্রমাগত উত্তপ্ত করিতে করিতে দেখিতে পাইলেন যে উহার মধ্যস্থিত পারদের একাংশ ধীরে ধীরে একটি লাল কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হইতেছে এবং বেলজারের মধ্যস্থিত পারদ আস্তে আস্তে উপর দিকে উঠিতেছে। দীর্ঘ বারদিন পর তিনি আরও দেখিতে পাইলেন যে বেলজারের মধ্যস্থিত পারদের উপর দিকে ওঠা একেবারে বন্ধ হইয়া গিয়াছে। আবদ্ধ বায়ুর এইরূপ সমতা প্রাপ্তির পরে তিনি উহার আয়তন মাপিয়া দেখিতে পাইলেন যে উহার 1/5 অংশ পারদ দ্বারা শোষিত হইয়া লাল পদার্থ উৎপাদনের কাজে লাগিয়াছে। আবদ্ধ বায়ুর অবশিষ্টাংশ পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ পাইলেন যে উহা দাহক বা প্রাণীর প্রশ্বাসকার্যের সহায়ক নহে। সেইজন্য তিনি এই অংশকে আজোট্ নামে অভিহিত করিলেন।

চিত্র—৫১

অতঃপর তিনি বকযন্ত্রস্থিত উৎপন্ন লাল কঠিন পদার্থ সংগ্রহ করিয়া একটি পরীক্ষা-নলে রাখিলেন। পরে তাহার মুখে ছিপির সাহায্যে একটি বাঁকান নির্গম নল জুড়িয়া দিলেন এবং পরীক্ষা-নলটি বেড়ির সাহায্যে দাঁড়ে খাটাইয়া নির্গম-নলের নীচের মুখ একটি গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিলেন। তারপর ঐ মুখের উপরে একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া দিলেন (চিত্র—৫২) এবং পরীক্ষা-নলটি উত্তপ্ত করিয়া লাল কঠিন পদার্থের বিযোজনে পারদ ফিরিয়া পাওয়ার সহিত একটি বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাসও পাইলেন যাহা জলভ্রংশ দ্বারা উপুড় করা গ্যাস জারে সংগৃহীত হইয়াছিল। এই গ্যাসের আয়তন মাপিয়া প্রমাণ পাইলেন যে ইহা পূর্বের পরীক্ষায় বেলজার-মধ্যস্থিত বায়ুর যে অংশ পারদ উত্তপ্ত করিয়া লাল পদার্থ প্রস্তুতের সময় অদৃশ্য হইয়াছিল তাহার আয়তনের সমান। তিনি আরও প্রমাণ পাইলেন যে এই উৎপন্ন গ্যাস দহন ও প্রশ্বাস ক্রিয়ার সহায়ক এবং ইহার সহিত ইহার আয়তনের 4 ভাগ অ্যাজোট মিশাইলে যে মিশ্র পাওয়া যায় তাহার সহিত সাধারণ বায়ুর কোন পার্থক্য নাই। তিনি এই গ্যাসটির নাম দিয়াছিলেন "**অক্সিজেন**"। সুতরাং দুইটি পরীক্ষার দ্বারা তিনি সন্দেহাতীত ভাবে প্রমাণ করিয়াছিলেন যে সাধারণ বায়ু মৌলিক পদার্থ নহে, ইহা নাইট্রোজেন বা অ্যাজোট এবং অক্সিজেন নামীয় দুইটি মৌলের দ্বারা গঠিত। এই দুইটি উপাদানের প্রথমটি নিষ্ক্রিয় এবং দহন ও প্রশ্বাস ক্রিয়ায় সাহায্য করে না। দ্বিতীয়টি সক্রিয় এবং দহন ও প্রশ্বাস ক্রিয়া ইহার অবর্তমানে চলিতেই পারে না।

চিত্র—৫২

বায়ু হইতে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি প্রসঙ্গে দেখান হইয়াছে যে জলের উপর উপুড় করা বেলজারে আবদ্ধ বাতাসে ফসফরস পোড়াইলে ঐ আবদ্ধ গ্যাসের শুধু 1/5 অংশই ফসফরসের দহনে সাহায্য করে এবং অবশিষ্ট 4/5 অংশে দহন ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। সুতরাং এই পরীক্ষাতেও প্রমাণ পাওয়া যায় যে বায়ুর 1/5 অংশ অক্সিজেন এবং 4/5 অংশ নাইট্রোজেন

বায়ু, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি সামান্য মিশ্র ঃ বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যে মুক্ত অবস্থায় আছে এবং রাসায়নিক সংযোগে আবদ্ধ

নাই, অর্থাৎ ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি সামান্য মিশ্র -- উহাদের একটি যৌগ নহে, তাহা নিম্নোক্ত যুক্তিগুলি হইতে জানা যায় :

(১) বায়ুর উপাদানসমূহের অনুপাত বিভিন্ন সময়ে এবং বিভিন্ন স্থানে প্রায় এক হইলেও সম্পূর্ণরূপে এক নহে। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহার উপাদানসমূহের অনুপাতে এই যে সামান্য পার্থক্য দেখা যায়, ইহা একটি যৌগ হইলে তাহা পরিলক্ষিত হইত না—কারণ প্রত্যেকটি যৌগে তাহার উপাদানের অনুপাত সর্বদাই সমান থাকে।

(২) যে অনুপাতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বায়ুতে পাওয়া যায় (4 : 1) সেই অনুপাতে তাহাদিগকে মিশাইলে সেই মিশ্রে বায়ুর সব গুণই দেখিতে পাওয়া যায়, কিন্তু উহাদিগকে মিশাইবার সময় কোনরূপ তাপ বিনিময় লক্ষিত হয় না অর্থাৎ তাপ নিঃসৃত বা শোষিত হয় না। বায়ু উহাদের একটি যৌগ হইলে উহাদিগকে মিশাইবার সময় নিশ্চয়ই তাপ বিনিময় লক্ষিত হইত।

(৩) সামান্য ও ভৌত পদ্ধতিতে বায়ুর উপাদানের অনুপাত পরিবর্তিত করা যায় :—

(ক) জলে দ্রবীভূত বায়ু উদ্ধার করিয়া দেখা যায় যে তাহাতে অক্সিজেনের অনুপাত সাধারণ বায়ুতে অবস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত হইতে কিছু বেশী, কারণ জলে অক্সিজেনের দ্রাব্যতা নাইট্রোজেনের দ্রাব্যতা হইতে অধিক।

(খ) সরন্ধ্র পর্দার ভিতর দিয়া বায়ুর ব্যাপনে (Diffusion) যাহা পাওয়া যায় তাহাতে নাইট্রোজেনের অনুপাত সাধারণ বায়ুর নাইট্রোজেনের অনুপাত হইতে বেশী।

বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উহার উপাদানের অনুপাতে এরূপ পরিবর্তন লক্ষিত হইত না।

(৪) ভৌত পদ্ধতিতে বায়ু তরল করিয়া তাহার আংশিক পাতন দ্বারা বায়ুর উপাদান নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সম্পূর্ণরূপে পৃথক করিতে পারা যায়। কিন্তু বায়ু একটি যৌগিক পদার্থ হইলে এই উপায়ে উহার উপাদান দুইটিকে পৃথক করা সম্ভব হইত না।

(৫) নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় বাদামী রংএর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে কিন্তু যুক্ত অবস্থায় করে না। বায়ুর সংস্পর্শেও নাইট্রিক অক্সাইড ঐ বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহাতে জানা যায় যে বায়ুতে অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় আছে এবং বায়ু একটি সামান্য মিশ্র।

প্রশ্নমালা*

১। নাইট্রোজেন কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় তাহা সম্যকরূপে বর্ণনা কর। ইহার প্রধান গুণ কি কি? কি কি ক্ষেত্রে ইহা ব্যবহৃত হয়?

২। বায়ু হইতে কিভাবে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে? বায়ু হইতে ও পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের মধ্যে পার্থক্য কি এবং এই পার্থক্যের কারণ কি?

৩। ল্যাভয়সিয়ে কিভাবে বায়ুর সংযুতি নির্ণয় করিয়াছিলেন তাহা বর্ণনা কর।

৪। প্রমাণ কর যে বায়ু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগ না হইয়া একটি সামান্য মিশ্র মাত্র।

৫। প্রমাণ কর যে অক্সিজেন দুইটি সম্পূর্ণ ভিন্ন অবস্থায় জলে ও বায়ুতে অবস্থান করে।

৬। পুরাকালে দার্শনিকেরা বায়ুকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়া গণ্য করিতেন। প্রমাণ কর যে ইহা একটি মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ নহে, পরন্তু ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন নামীয় দুইটি মৌলের একটি সামান্য মিশ্র মাত্র।

বিংশ অধ্যায়

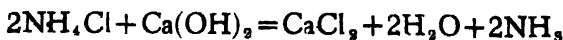
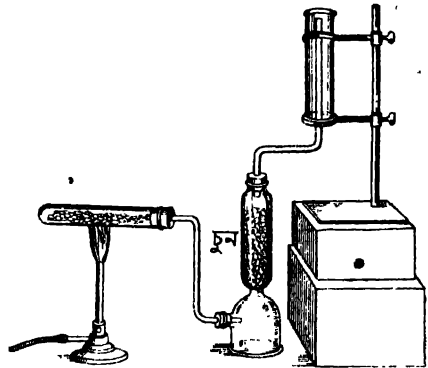
নাইট্রোজেনের যৌগসমূহ

(১) অ্যামোনিয়া (Ammonia)

সংকেত, NH_3। অপেক্ষিক ঘনত্ব, 8·5। আণবিক গুরুত্ব, 17।

অবস্থানঃ কখনও কখনও অ্যামোনিয়াকে অতি সামান্য পরিমাণে বায়ুতে অবস্থান করিতে দেখা যায়। নাইট্রোজেনীয় জৈব পদার্থের উপর জীবাণুর ক্রিয়ায় তাহার রাসায়নিক বিযোজনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। জীবজন্তুর মূত্রে অবস্থিত ইউরিয়া নামক জৈব পদার্থের উপর জীবাণুর ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়ম কারবনেট উৎপন্ন হয় যাহা ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে। এই হেতু প্রস্রাবখানা ও আস্তাবলের নিকটবর্তী স্থানের বায়ুতে ইহার গন্ধ পাওয়া যায়।

প্রস্তুতিঃ (ক) পরীক্ষাগার পদ্ধতিঃ—সাধারণতঃ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও কলিচূণ [$Ca(OH)_2$] বা বাখারিচূণের (CaO) মিশ্র উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়:

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$
$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$$

একটি খলে নুড়ির সাহায্যে পরিমাণীয় একভাগ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও দুই ভাগ বাখারিচূণ পিষিয়া লইয়া যে মিশ্র পাওয়া যায় তাহা একটি শক্ত কাচের বড় পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহার মুখে একটি বাঁকা নির্গম-নল সহ ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। নির্গম-নলের অপর মুখ বাখারিচূণ-পূর্ণ একটি কাচের টাওয়ারের (Tower) নিম্নদেশের সহিত যুক্ত থাকে। টাওয়ারের উপরের মুখে ছিপির সাহায্যে একটি বাঁকা কাচের নল আঁটিয়া দেওয়া হয় এবং তাহার উপর দাঁড়-সংলগ্ন লৌহ বা পিতলের বলয়ের সাহায্যে একটি খালি গ্যাস জার উপুড় করিয়া রাখা হয়। এই মোট বন্দোবস্তটি ৫৩নং চিত্রে দেখান হইল। এইরূপ বন্দোবস্ত করিবার পর পরীক্ষা-নলটি সাবধানে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করিতে হয়। উত্তপ্ত করিবার সময় পূর্বোক্ত দ্বিতীয় সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিবার ফলে যে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় তাহা চূণের টাওয়ারের ভিতর দিয়া যাইবার সময় সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র হয়। উপরের নির্গম-নল হইতে বাহির হইবার পর উহা উপুড় করা গ্যাস জারের বায়ু অধঃভ্রংশ করিয়া উহাতে সংগৃহীত হয়।

চিত্র—৫৩

অ্যামোনিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরস পেণ্টক্সাইড ও অনার্দ্র ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড দ্বারা অনার্দ্র করা যায় না, কারণ এই সকল নিরুদনকারীদের সহিত ইহার রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া থাকে।

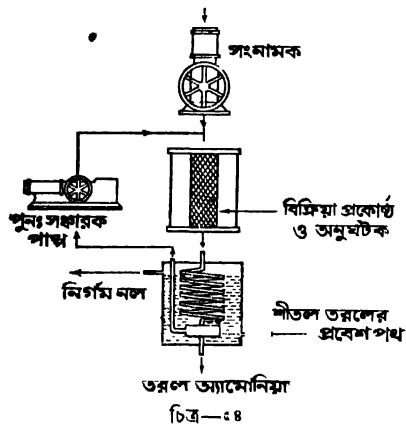
(খ) হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (Haber's Synthetic Method): ইহাই আধুনিক **পণ্য-পদ্ধতি**। প্রথম বিশ্বযুদ্ধের সময় বিখ্যাত জার্মান রাসায়নিক হেবার এই পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশাইয়া 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 550°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত সামান্য পরিমাণ Al_2O_3 ও K_2O এর মিশ্র যুক্ত মিহি লৌহচূরের উপর দিয়া চালনা করিলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রের শতকরা মাত্র দশ ভাগ অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয় :

$$N_2+3H_2=2NH_3-Q\text{Cals.}$$

ইহা একটি তাপমোচী বিক্রিয়া।

ইহাতে অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ ও বিশ্লেষণ একসঙ্গেই ঘটিয়া থাকে। সেইজন্য এইরূপ বিক্রিয়াকে বিপরীতমুখী বিক্রিয়া (**Reversible reaction**) বলে। এই কারণে এই অবস্থায় মিশ্রের মাত্র 10% অ্যামোনিয়ায় পরিবর্তিত হয়।

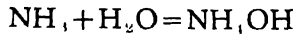
এই বিক্রিয়ায় মিহি লৌহচূর অনুঘটক রূপে এবং Al_2O_3 ও K_2O মিশ্র অনুঘটকের উদ্দীপক (Promoter) রূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। এই মিশ্র ক্রোম-ইস্পাত নির্মিত একটি বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠের ছোট ছোট তাকের উপর সজ্জিত রাখা হয়। বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পূর্বে বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠটি বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা 550°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় এবং বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পর উপযুক্ত পরিমাণ তাপ নিঃসারিত হইলে বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়।

চিত্র—৫৪

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া তরল করিয়া, জলে দ্রবীভূত করিয়া অথবা অনার্দ্র ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের কেলাস-অ্যামোনিয়ারূপে গ্যাসীয় মিশ্র হইতে বিচ্ছিন্ন করিয়া মিশ্রের অবশিষ্টাংশ পুনরায় বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে চালনা করা হয়। ৫৪ নং চিত্রে এই পদ্ধতির মোটামুটি নক্সা দেওয়া হইল।

(গ) অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর হইতে (**From Ammoniacal Liquor**) : জতুগর্ভ কয়লার (Bituminous Coal) অন্তর্ধূমপাতন দ্বারা কোল-গ্যাস প্রস্তুতিতে একটি উপজাত (Bye-product) রূপে অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর পাওয়া যায়। ইহা অ্যামোনিয়া এবং তাহার নানাপ্রকার লবণের একটি গাঢ় জলীয় দ্রব। ইহার ভিতর দিয়া স্টীম চালনা করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্থিত হয়। তখন তাহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সংস্পর্শে আনিলে উহা অ্যামোনিয়ম সালফেটে পরিণত হয়। মুক্ত অ্যামোনিয়া চলিয়া যাইবার পর অবশিষ্ট দ্রবে কলিচূণ মিশাইয়া আবার স্টীম প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়ম লবণ বিযোজিত হইয়া পুনরায় অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে। উহাকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবে শোষিত করা হয়। এক মণ কয়লা হইতে এই পদ্ধতিতে প্রায় আধসের অ্যামোনিয়ম সালফেট পাওয়া যায়।

গুণ ঃ ভৌত গুণ :—অ্যামোনিয়া একটি বিশেষ তীব্র গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা এবং ইহাকে অতি সহজেই তরল করা যায়। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহার গাঢ় জলীয় দ্রবকে **লাইকর অ্যামোনিয়া (Liquor ammonia)** বলে।

রাসায়নিক গুন ঃ—জলে দ্রবীভূত হইবার সময় ইহার এক অংশ জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

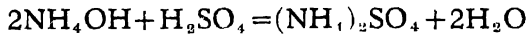
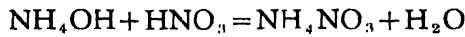
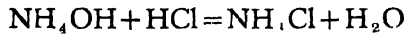
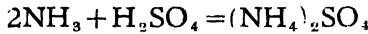
$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$

ইহা গ্যাসীয় অবস্থায় একটি ক্ষারক এবং ইহার জলীয় দ্রব ক্ষারীয় গুণ সম্পন্ন। ইহা নীল লিটমস দ্রবকে লাল করে। সুতরাং ইহা এবং ইহার হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন অ্যাসিডকে প্রশমিত করে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উৎপাদন করে ঃ

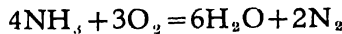
$$NH_3+HCl=NH_4Cl$$

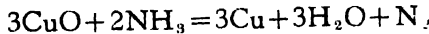
$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$

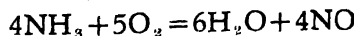
$$NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O$$

$$NH_4OH+HNO_3=NH_4NO_3+H_2O$$

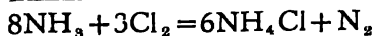
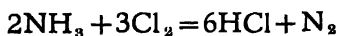
$$2NH_4OH+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4+2H_2O$$

ইহা দাহক নহে এবং বাতাসে দাহ্য নহে। কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে ইহা ঈষৎ হলুদ্ রংএর শিখা সহ পুড়িয়া থাকে।

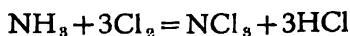
$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2$$

সাধারণ অবস্থায় অ্যামোনিয়ার বিজারণ গুণ না থাকিলেও নানাবিধ উপযোগী অবস্থায় ইহা জারিত হইয়া অপরকে বিজারিত করে। (ক) লোহিত-তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া চালনা করিলে কপার অক্সাইড বিজারিত ও অ্যামোনিয়া জারিত হয় এবং এই দুইটি বিক্রিয়ার ফলে তাম্র, জল ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় ঃ

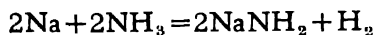
$$3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$$

(খ) অ্যামোনিয়া ও বাতাস বা অক্সিজেনের মিশ্র প্ল্যাটিনমের অত্যন্ত সরু তারের উত্তপ্ত জালির (অনুঘটক) উপর দিয়া চালনা করিলে অ্যামোনিয়া বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া জল ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন করে ঃ

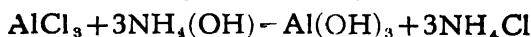
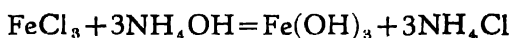
$$4NH_3+5O_2=6H_2O+4NO$$

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির আধুনিক পণ্য-পদ্ধতিতে এই বিক্রিয়ারই সাহায্য লওয়া হয়। (গ) ইহা ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন

ক্লোরাইড উৎপাদন করে; উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত যুক্ত হয়।

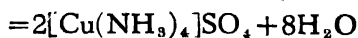
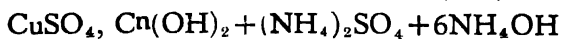
$$2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$$
$$6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$$
$$8NH_3+3Cl_2=6NH_4Cl+N_2$$

কিন্তু অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম থাকিলে, অত্যন্ত বিস্ফোরক পদার্থ নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়:

$$NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$$

অ্যামোনিয়া উত্তপ্ত সোডিয়মের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডামাইড (Sodamide) ও হাইড্রোজেন প্রস্তুত করে:

$$2Na+2NH_3=2NaNH_2+H_2$$

কোন কোন লবণের সংস্পর্শে আসিয়া অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড অনুরূপ ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে:

$$FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3+3NH_4Cl$$
$$AlCl_3+3NH_4(OH)=Al(OH)_3+3NH_4Cl$$

কোন কোন লবণ-দ্রবের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় জটিল লবণ উৎপন্ন হয়:

(ক) কপার সালফেট দ্রবের সহিত অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড প্রথমে নীল রং-এর ক্ষারীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত করে। এই অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়ম সালফেটের সহিত বিক্রিয়ায় গাঢ় নীল বর্ণের কিউপ্রামোনিয়ম সালফেটের দ্রবে পরিণত হয়:

$$2CuSO_4+2NH_4OH=CuSO_4,\ Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$
$$CuSO_4,\ Cn(OH)_2+(NH_4)_2SO_4+6NH_4OH$$
$$=2[Cu(NH_3)_4]SO_4+8H_2O$$

কিউপ্রামোনিয়ম সালফেট

(খ) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড প্রথমে ঈষৎ ময়লা সিলভার অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে; এই অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়ার অতিরিক্ত জলীয় দ্রবের ক্রিয়ায় আরজেণ্টো অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডের বর্ণহীন দ্রবে পরিণত হয়:

$$2AgNO_3+2NH_4OH=Ag_2O+2NH_4NO_3+H_2O$$
$$Ag_2O+4NH_3+H_2O=2[Ag(NH_3)_2]OH$$

আরজেণ্টো অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড

মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড সাদা অধঃক্ষেপ ফেলে :

$$HgCl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$$

কিন্তু মারকিউরাস লবণের সহিত ইহা কাল রংএর পদার্থ প্রস্তুত করে :

$$Hg_2Cl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + Hg + NH_4Cl + 2H_2O$$

উৎপন্ন পারদ মিহি কণিকারূপে থাকায় উৎপন্ন বস্তু কাল দেখায়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ পরীক্ষাগারে ইহা একটি প্রয়োজনীয় বিকারকরূপে এবং হিমকক্ষে ইহা শীতকরূপে ব্যবহৃত হয়। বরফ তৈয়ারির কারখানায় জল ঠাণ্ডা করিতে তরল অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। সলভে (Solvay) পদ্ধতিতে ধৌতি-সোডা প্রস্তুতিতে ইহার বহুল প্রয়োগ আছে। নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির আধুনিক পণ্য-পদ্ধতিতে ইহা অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

জমির সার [$(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_3PO_4$] এবং নাইট্রো-খড়ি ($CaCO_3 + NH_4NO_3$) প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

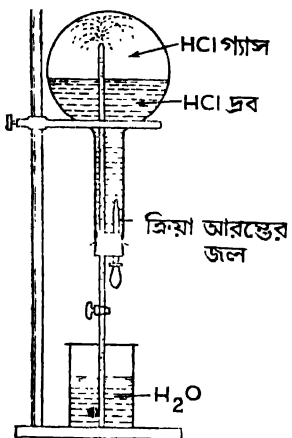
ইহা এবং ইহার কতকগুলি লবণ ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা: অনন্যসাধারণ তীব্র গন্ধই ইহার প্রধান পরিচায়ক। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উৎপাদন করে। নেস্‌লার দ্রবে ইহা এবং ইহার লবণ বাদামী রংএর অধঃক্ষেপ ফেলে।

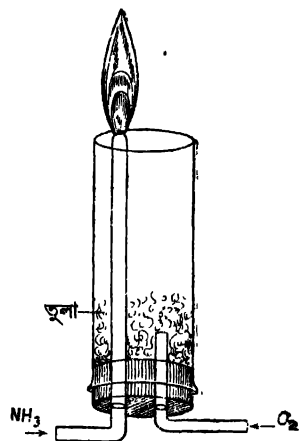
গুণ প্রদর্শক পরীক্ষা: (ক) **অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কাঃ** বায়ুর অধঃভ্রংশ দ্বারা ইহা সংগৃহীত হয়। এইরূপ সংগ্রহ পদ্ধতিই প্রমাণ করে যে ইহা বায়ু অপেক্ষা হালকা।

(খ) কাচের ঢাকনিবদ্ধ এক জার অ্যামোনিয়ার উপর একটি খালি গ্যাসজার অর্থাৎ বাতাসপূর্ণ জার উপুড় করিয়া রাখিয়া মাঝের ঢাকনি সরাইয়া লইলে নীচের জারের অ্যামোনিয়া উপরের জারে অবিলম্বে চলিয়া যায়। তখন উপুড় করা অবস্থায় ঐ জারের মুখে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডসিক্ত একখানা কাচদণ্ড ধরিলে অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উত্থিত হয়।

ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রব লাল লিটমস দ্রবের রং নীল করে। ফোয়ারা পরীক্ষাঃ একটি গোল তলাযুক্ত কূপী অ্যামোনিয়া ভর্তি করিয়া উহার মুখে দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। ঝরনা কলমে কালি ভরিবার জন্য ব্যবহৃত হয় এমন একটি বিন্দু পাতন যন্ত্র, জলযুক্ত করিয়া ছিপির একটি ছিদ্রে লাগানো থাকে ; উহার অপর ছিদ্র দিয়া একটি সরু মুখ কাচ-নল এমন

ভাবে ঢুকাইয়া দিতে হয় যাহাতে উহার সরু মুখ কূপীর তলদেশের কাছাকাছি পৌঁছে। তারপর তাহাকে উপুড় করিয়া ৫৫ নং চিত্রানুযায়ী রাখিতে হয় যাহাতে উহার কাচ-নলের নীচের দিকের মুখটি নীচের পাত্রে রক্ষিত এবং লাল লিটমস দ্রবে রঞ্জিত জলের ভিতর বেশ কিছুদূর প্রবেশ করে। এখন বিন্দু পাতন যন্ত্রের রবার নির্মিত অংশে চাপ দিয়া কয়েক ফোঁটা জল কূপীর ভিতরে প্রবেশ করাইলে উহা অত্যধিক আয়তনের অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করিয়া শূন্য (vacuum) সৃষ্টি করে—যাহাতে কূপীর ভিতরের অ্যামোনিয়া গ্যাসের চাপ কমিয়া যায়। তখন বায়ু মণ্ডলের চাপে নীচের পাত্রের লাল জল কাচ-নলের সরু মুখের ভিতর দিয়া ফোয়ারার আকারে উৎক্ষিপ্ত হয় এবং তাহার রং নীল হইয়া যায়।

চিত্র—৫৫

ইহা দাহক নহে এবং বাতাসে অদাহ্য : একটি জলন্ত পাটকাঠি এক জার অ্যামোনিয়ার মধ্যে প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং গ্যাসেও আগুন ধরে না।

ইহা অক্সিজেনের ভিতর হলুদবর্ণ শিখাসহ পুড়িয়া থাকে : একটি মোটা কাচ-নলের নীচের মুখটি দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করিতে হয় এবং উহার একটি ছিদ্রের ভিতর দিয়া একটি অপেক্ষাকৃত লম্বা ও বাঁকান কাচ-নল প্রবেশ করাইতে হয়। উহার উপরের ছুঁচালো মুখ মোটা নলের উপরের মুখের সমতলে রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিতে হয়। অপর বাঁকা নলটি অপেক্ষাকৃত ছোট। উহার উপরের মুখ মোটা কাচ-নলের মুখের ছিপি হইতে সামান্য উপরে তুলিয়া রাখিতে হয় এবং উহার ভিতর দিয়া অক্সিজেন চালাইতে হয়। ছিপির উপরে মোটা কাচ-নলের মুখ ঢাকিয়া সামান্য কিছু তুলা রাখিতে হয়। সমস্ত বন্দোবস্ত ৫৬ নং চিত্রে দেখান হইল। লম্বা কাচ-নলের উপরের সরু মুখ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়ায় অগ্নি সংযোগ করিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ মোটা

চিত্র—৫৬

নলের ভিতরে টানিয়া নামাইলে অ্যামোনিয়া নলের সরু মুখে হল্‌দে শিখাসহ পুড়িতে থাকে।

অ্যামোনিয়ম লবণসমূহ (Ammonium Salts)

১। অ্যামোনিয়ম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$]: 60% সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়া দ্বারা প্রশমিত করিয়া উৎপন্ন অ্যামোনিয়ম সালফেটকে দ্রব হইতে কেলাসিত করিতে হয়।

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$

ভারতবর্ষে সালফিউরিক অ্যাসিড সস্তায় পাওয়া যায় না। কিন্তু খনিজ জিপ্‌সম ($CaSO_4, 2H_2O$) প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সেইজন্য সিণ্ড্রির সার কারখানায় মিহি জিপ্‌সম-চূর্ণ জলে অবলম্বিত (Suspended) অবস্থায় রাখিয়া তাহার ভিতরে প্রথমে অ্যামোনিয়া ও কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করা হয়। ইহাতে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হওয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অ্যামোনিয়ম সালফেট জলে দ্রবীভূত থাকে।

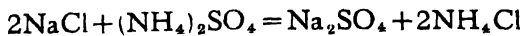
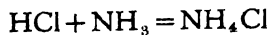
$$CaSO_4+H_2O+2NH_3+CO_2=CaCO_3+(NH_4)_2SO_4$$

পরিস্রাবণ দ্বারা ক্যালসিয়ম সালফেট পৃথক করিয়া কেলাসন-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ম সালফেট উদ্ধার করা হয়।

ইহা জমির সাররূপে অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে অন্যান্য অ্যামোনিয়ম লবণও প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

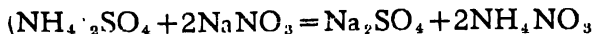
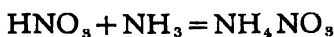
নিশাদল বা অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড (NH_4Cl): হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যামোনিয়ার সংযোগ ঘটাইয়া অথবা অ্যামোনিয়ম সালফেট ও খাদ্যলবণের মিশ্রের মধ্যে অত্যধিক উত্তাপ দ্বারা বিপরিবর্ত ক্রিয়া ঘটাইয়া নিশাদল প্রস্তুত করা হয়।

$$HCl+NH_3=NH_4Cl$$

$$2NaCl+(NH_4)_2SO_4=Na_2SO_4+2NH_4Cl$$

শেষোক্ত পদ্ধতিতে নিশাদল উৎক্ষেপরূপে পাওয়া যায়। ইহা পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে, রঞ্জনশিল্পে, শুষ্ক বিদ্যুৎকোষ প্রস্তুতিতে এবং ঝলাই ও রাঙের কলাইএর কাজে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) **:** 60% নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়ার দ্বারা প্রশমিত করিয়া অথবা অ্যামোনিয়ম সালফেট ও সোডিয়ম নাইট্রেটের মধ্যে বিপরিবর্ত ক্রিয়ার দ্বারা ইহা প্রস্তুত করা হয়।

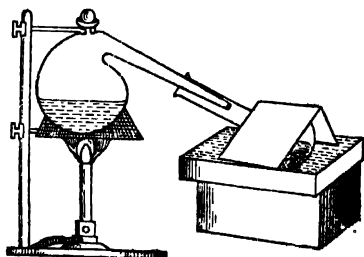
$$HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

ইহা নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস ও উগ্র বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে এবং সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

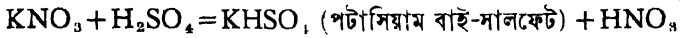
(2) নাইট্রিক অ্যাসিড (Nitric Acid)

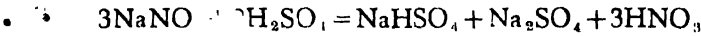
সংকেত, HNO_3। আণবিক গুরুত্ব, 63।

অবস্থান : বায়ুমণ্ডলে বিদ্যুৎ চমকাইবার সময় নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে কিছু নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রস্তুত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে যাহা জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সামান্য পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করে। সুতরাং বায়ুমণ্ডলে সমান্য পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থিতি আছে। বায়ুমণ্ডল ভিন্ন অন্যত্র নাইট্রিক অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায় না। ভারতবর্ষের যে অংশে বৃষ্টিপাত অত্যন্ত কম সেই স্থানে ইহাকে শোরা (Salt petre or nitre) বা পটাসিয়ম নাইট্রেট (KNO_3) রূপে মাটির উপরিভাগে অবস্থান করিতে দেখা যায়। দক্ষিণ আমেরিকার পেরু ও চিলির প্রায় বৃষ্টিপাতশূন্য অংশে চিলি-সোরা বা সোডিয়ম নাইট্রেট ($NaNO_3$) রূপে ইহাকে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার পদ্ধতি :—কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে সমপরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়ম নাইট্রেট লইয়া উহার মুখ কাচের একটি ছোট কুপীরূপ গ্রাহকের মধ্যে ঢুকাইয়া দিতে হয়। গ্রাহককে গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের উপর ভাসাইয়া রাখিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হইবার সময় উহার উপর আস্তে আস্তে জল ঢালিয়া ঠাণ্ডা রাখিতে হয় (চিত্র—৫৭)। তারপর বকযন্ত্রটি প্রায় 200°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত

চিত্র—৫৭

সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হয় এবং উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া গ্রাহকে সংগৃহীত হয়।

$$KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4 \text{ (পটাসিয়াম বাই-সালফেট) } +HNO_3$$

পণ্য-পদ্ধতি: (১) চিলি-শোরা হইতে:—একটি ঢালাই লোহার বড় পাতন যন্ত্রে 3 : 2 গ্রাম-অণু অনুপাতে চিলি-শোরা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া 200°-250°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে, নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হয়

$$3NaNO_3+2H_2SO_4=NaHSO_4+Na_2SO_4+3HNO_3$$

উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পীভূত হইয়া এবং নির্গম-নলের সাহায্যে পরস্পর সংলগ্ন কয়েকটি পাথরের গ্রাহক যন্ত্রে ঘনীভূত হইয়া সংগৃহীত হয়।

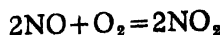
(২) অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে: অসওয়াল্ড-পদ্ধতি (Ostwald Process): ইহাই নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির স্থূলভতম ও প্রধান পণ্য-পদ্ধতি। এই পদ্ধতি দ্বারা অতি সহজে অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়।

এই পদ্ধতিতে প্ল্যাটিনমের সরু তারের জালি 700°-900°Cএ উত্তপ্ত অবস্থায় অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। এই অবস্থায় ইহার উপস্থিতিতে প্রায় 99% অ্যামোনিয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়:

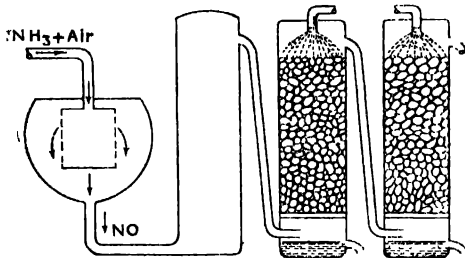
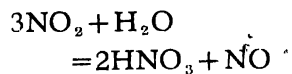
$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O-QCals.$$

এই বিক্রিয়াটি তাপ মোচী (Exothermic)। সুতরাং ইহার আরম্ভ হইবার পূর্বে বিদ্যুৎপ্রবাহদ্বারা তার জালি উত্তপ্ত করিতে হইলেও বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পর বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। কারণ তারপর উৎপন্ন তাপই তার-জালিকে ঐ উষ্ণতার সীমার মধ্যে উত্তপ্ত রাখিয়া থাকে।

একটি নিকেলের নলে বা পাত্রে প্ল্যাটিনমের তার জালি রাখিয়া এবং বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া 1 : 10 আয়তনিক অনুপাতের অ্যামোনিয়া ও বাতাসের মিশ্র চালিত করা হয়। সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং তখন বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা বন্ধ করা হয়। বিক্রিয়া লব্ধ গ্যাসীয় মিশ্র বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত হইবার পর তৎসংলগ্ন কক্ষে আসিয়া ঠাণ্ডা হইলে বাতাসের অতিরিক্ত অক্সিজেন উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত সংযুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে।

$$2NO+O_2=2NO_2$$

এই পার-অক্সাইডকে তারপর পরস্পর-সংলগ্ন ও স্ফটিকের (quartz) টুকরাপূর্ণ কয়েকটি (দুই-তিনটি) টাওয়ারের (Tower) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং ঐ সময়ে টাওয়ার-গুলির উপর হইতে গরম জল ঝাঁজরার সাহায্যে বিন্দুর আকারে ফেলা হয় (চিত্র—৫৮)।

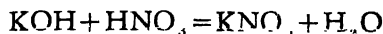
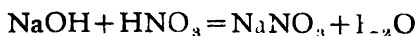
চিত্র—৫৮

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

এইরূপে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হইবার পর নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

গুণ ঃ ভৌত গুণ ঃ—নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন ও ধূমায়মান তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 86°C। ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে।

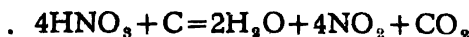
রাসায়নিক গুণ ঃ ইহা একটি তীব্র এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। সুতরাং ইহা নীল লিটমস দ্রবকে লাল করে এবং ক্ষার ও ক্ষারকের দ্বারা প্রশমিত হইয়া পূর্ণ লবণ ও জল উৎপাদিত করে। ইহার লবণ নাইট্রেট নামে অভিহিত সোডিয়ম ও পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইড দ্বারা ইহা প্রশমিত হইলে যথাক্রমে সোডিয়ম ও পটাসিয়ম নাইট্রেট পাওয়া যায়।

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

$$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$$

ইহা অত্যন্ত ক্ষারী (Corrosive)। ইহা চামড়াকে হলদে রংযুক্ত করে এবং নরম চামড়ার উপর অধিক পরিমাণে পড়িলে কষ্টদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে। ইহা তাপ দ্বারা সহজেই বিযোজিত হয়।

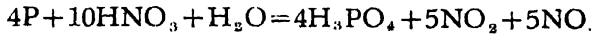
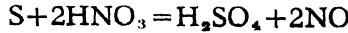
$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$$

এমন কি ইহার স্ফুটনাঙ্কতেও ইহা এই সমীকরণ অনুসারে আংশিকভাবে বিযোজিত হয়। ইহার এই সহজ বিযোজন-প্রবণতার জন্য ইহা একটি তীব্র জারক দ্রব্যরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। এইজন্য ইহার সংস্পর্শে শুষ্ক ও গরম করাতের গুঁড়ায় আগুন ধরিয়া যায়। লোহিত-তপ্ত কাঠকয়লা ইহাতে ঔজ্জ্বল্যের সহিত পুড়িতে থাকে

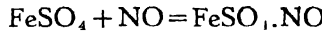
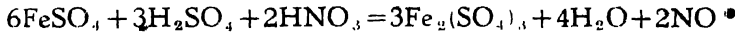
$$4HNO_3 + C = 2H_2O + 4NO_2 + CO_2$$

এই বিক্রিয়ায় কারবণ জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া জল ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহা গন্ধক, ফসফরস ও আয়োডিনকে জারিত করিয়া যথাক্রমে সালফিউরিক, ফসফরিক ও আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।

$$S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$$

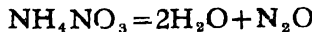
$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO_2+5NO$$

$$I_2+10HNO_3=2HIO_3+10NO_2+4H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের অবস্থিতিতে ইহা ফেরাস সালফেটকে জারিত করিয়া ফেরিক সালফেটে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়; উইপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড অব্যবহৃত ফেরাস সালফেটের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কাল্চে রংএর যৌগ উৎপাদন করে।

$$6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+4H_2O+2NO$$

$$FeSO_4+NO=FeSO_4.NO$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিচায়ক বলয় পরীক্ষায় (Ring Test) এই বিক্রিয়াদ্বয়ের সাহায্য লইতে হয়।

উপরোক্ত বিক্রিয়াসমূহ হইতে দেখা গেল যে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ-ফল (Reduction product)। এই দুইটি অক্সাইড ভিন্ন নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) ও নাইট্রস অক্সাইড (N_2O) নামে নাইট্রোজেনের আরও তিনটি অক্সাইড আছে। শেষোক্ত নাইট্রস অক্সাইড, (N_2O) অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়

$$NH_4NO_3=2H_2O+N_2O$$

প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে ইহা হাসির উদ্রেক করে। সেই জন্য ইহাকে হাস্যকর (Laughing gas) গ্যাস বলে। একটু বেশী পরিমাণে প্রশ্বাসের সহিত টানিলে মানুষ অজ্ঞান হইয়া পড়ে। সেইজন্য ইহা অস্ত্রোপচারের সময় চেতনানাশক রূপে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা নীল বিরঞ্জিত হয়।

ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াঃ সাধারণতঃ ধাতুর সহিত কোন অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের অনুরূপ ধাতুর লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় সাধারণতঃ ধাতুর নাইট্রেটের

সহিত হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না। ম্যাগনেসিয়ম ভিন্ন অন্য ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন অব্যবহৃত ও অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জল এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিভিন্ন মাত্রায় বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, নাট্রিক অক্সাইড, নাইট্রস অক্সাইড, নাইট্রোজেন ও ও অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিয়া থাকে। ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া জাত এই সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থের প্রকৃতি নির্ভর করে ধাতুর প্রকৃতি, অ্যাসিডের মাত্রা ও উষ্ণতার উপর। সুতরাং বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় ধাতুর নাইট্রেট, জল ও উপরোক্ত একটি বা একটির অধিক গ্যাসীয় পদার্থ। উদাহরণ স্বরূপ কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণের মাধ্যমে নিম্নে প্রদত্ত হইল :

১। তাম্র :

$Cu + 4HNO_3$(গাঢ় ও উষ্ণ) $= Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

$3Cu + 8HNO_3$(পরিমিত মাত্রার বা নাতি গাঢ়)

$= 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

$4Cu + 10HNO_3$(লঘু ও ঠাণ্ডা) $= 4Cu(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

$5Cu + 12HNO_3$ (অত্যন্ত লঘু ও ঠাণ্ডা) $= 5Cu(NO_3)_2 + 6H_2O + N_2$

২। দস্তা :

$4Zn + 10HNO_3$(লঘু ও ঠাণ্ডা) $= 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

$4Zn + 10HNO_3$(নাতি গাঢ় ও ঠাণ্ডা)

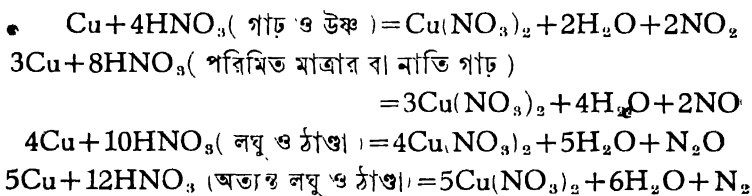
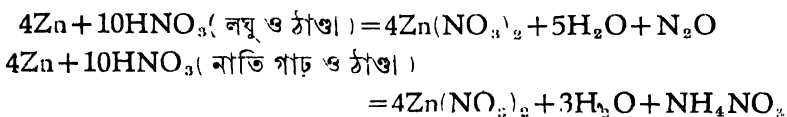
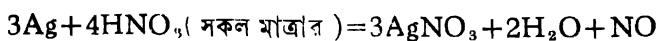
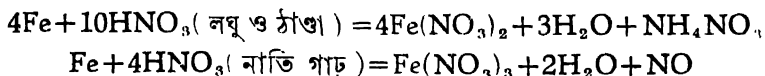
$= 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

৩। রৌপ্য :

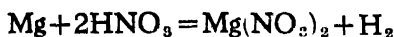
$3Ag + 4HNO_3$(সকল মাত্রার) $= 3AgNO_3 + 2H_2O + NO$

৪। লৌহ :

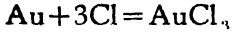
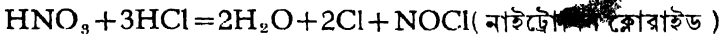
$4Fe + 10HNO_3$(লঘু ও ঠাণ্ডা) $= 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

$Fe + 4HNO_3$(নাতি গাঢ়) $= Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO$

অতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লৌহের উপর কোন ক্রিয়া করে না ; তখন বলা হয় যে অ্যাসিড লৌহকে নিষ্ক্রিয় করিয়াছে।

৫। ম্যাগনেসিয়ম : ইহার সহিত লঘু ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়, ম্যাগনেসিয়ম নাইট্রেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

স্বর্ণ ও প্ল্যাটিনম এই দুইটি বরধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া নাই। কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1 : 3 অনুপাতের মিশ্র ইহাদের উপর ক্রিয়াশীল। সেইজন্য এই মিশ্রকে **অম্লরাজ (Aqua Regia)** বলে।

$HNO_3+3HCl=2H_2O+2Cl+NOCl$ (নাইট্রো[illegible] ক্লোরাইড)

$Au+3Cl=AuCl_3$

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহারিক প্রয়োগ ঃ পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ইহার প্রয়োগ আছে। ডাইনামাইট, নাইট্রো গ্লিসেরিন, পিক্‌রিক্ অ্যাসিড, ট্রাই নাইট্রো টোলুইন (T. N .T.) প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। শোরা বারুদের একটি উপাদান। তাম্র, পিতল ও কাঁসার বাসন-পত্রাদির উপর নাম কিংবা নক্‌সা খোদাইএর কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহার করিতে হয়। রেশম, পশম প্রভৃতিকে হল্‌দে রংএ রঞ্জিত করিতে ইহার ব্যবহার আছে। কৃত্রিম রং, কৃত্রিম রেশম, সেলুলয়েড, কলোডিয়ন, বার্ণিশ প্রভৃতির প্রস্তুতিতে ইহা বর্তমানে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

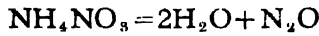
পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডে অথবা কোন নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রে তামার চোকলা দিয়া ফুটাইলে রক্তাভ বাদামী রংএর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উত্থিত হয়।

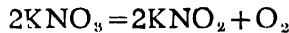
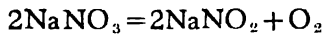
বলয় পরীক্ষা ঃ পদার্থটির ও ফেরাস সালফেটের লঘু জলীয় দ্রবের মিশ্র একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহা একটু হেলাইয়া ধরিতে হয়। তারপর তাহার গা বাহিয়া আস্তে আস্তে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে তাহা মিশ্রের নীচে জমে। তখন তাড়াতাড়ি পরীক্ষা-নলটি খাড়া করিয়া ধরিলে মিশ্রের ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সংযোগস্থানে একটি কাল্‌চে রংএর বলয় গঠিত হয়। ইহাই নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেটের প্রসিদ্ধ বলয় পরীক্ষা।

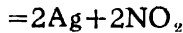
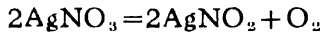
নাইট্রেট ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ নাইট্রেট পূর্ণ লবণ শ্রেণীর অন্তর্গত ও জলে দ্রবণীয়।

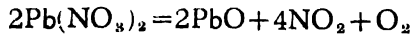
নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া ঃ সকল প্রকার নাইট্রেটই তাপদ্বারা বিযোজিত হয়, কিন্তু ইহাদের বিযোজনলব্ধ বস্তুর প্রকৃতি নির্ভর করে ইহাদের ক্ষারমূলকের প্রকৃতির উপর। নিম্নে ইহাদের উপর তাপের ক্রিয়ার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হইল :

১। অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট উত্তপ্ত হইলে প্রথমে গলিয়া যায় এবং তারপর বিযোজিত হইয়া জলীয় বাষ্প ও নাইট্রস অক্সাইড বা হাস্যকর গ্যাস উৎপাদন করে।

$$NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2O$$

২। সোডিয়ম ও পটাসিয়ম প্রভৃতি ক্ষারধাতুর নাইট্রেট উত্তপ্ত হইলে প্রথমে গলিয়া যায়; তারপর তাহারা বিযোজিত হইয়া ধাতুর নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপাদন করে।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$
$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

৩। সিলভার নাইট্রেট তাপ দ্বারা গলিয়া যায়; তারপর বিযোজিত হইয়া প্রথমে ক্ষার ধাতুর ন্যায় সিলভার নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপাদন করে। কিন্তু আরও উত্তপ্ত হইলে নাইট্রাইট বিযোজিত হইয়া রৌপ্য, নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন অথবা শেষোক্ত দুইটির সংযোগে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে।

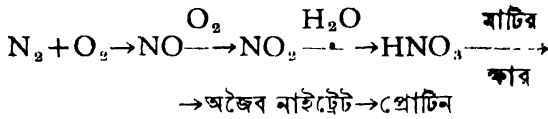
$$2AgNO_3 = 2AgNO_2 + O_2$$
$$2AgNO_2 = 2Ag + 2NO + O_2$$
$$= 2Ag + 2NO_2$$

৪। গুরুধাতুর অথবা দ্বি-যোজী ও ত্রি-যোজী ধাতুর নাইট্রেট তাপদ্বারা প্রথমে গলিয়া যায়; তারপর বিযোজিত হইয়া ধাতুর অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপাদন করে।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের বিবর্তন চক্র ঃ বায়ুমণ্ডল, মুক্ত নাইট্রোজেনের অফুরন্ত ভাণ্ডার। উদ্ভিদ্ ও প্রাণিদেহের অত্যাবশ্যকীয় উপাদান, প্রোটিন নামক এক শ্রেণীর জৈব পদার্থও নাইট্রোজেনের অত্যন্ত জটিল যৌগ যাহার উপর নির্ভর করে জীবজগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি। কিন্তু এক শ্রেণীর শিম জাতীয় উদ্ভিদ্ ভিন্ন অন্য কোন উদ্ভিদ্ বা প্রাণী বায়ুমণ্ডল হইতে সরাসরি মুক্ত নাইট্রোজেন দেহের অঙ্গীভূত করিতে পারে না। কিন্তু প্রকৃতির বিধানে বায়ুমণ্ডলের মুক্ত নাইট্রোজেন পরোক্ষ উপায়ে আত্তীকৃত (assimilated) হইতেছে।

(১) মেঘে বিদ্যুৎ চমকাইবার সময় বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত

হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড সৃষ্টি করে। উহা অতিরিক্ত অক্সিজেনের দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে. নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের সংযোগে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প উৎপন্ন হয় যাহা বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া মাটিতে নামিয়া আসে এবং সেখানে অবস্থিত বিভিন্ন ক্ষারীয় পদার্থের দ্বারা প্রশমিত হইয়া নাইট্রেটে পরিণত হয়। সেখানে অজৈব নাইট্রেটের এই জলীয় দ্রব উদ্ভিদের শিকড় দ্বারা শোষিত হইয়া জৈব প্রোটিনে রূপান্তরিত হয় এবং তাহার দেহের অঙ্গীভূত হয়। এইভাবে প্রায় ৬—৬॥ লক্ষ মণ নাইট্রোজেন প্রতিদিন বায়ু হইতে অপসারিত হইতেছে।

$$N_2 + O_2 \rightarrow NO \xrightarrow{O_2} NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 \xrightarrow[\text{ক্ষার}]{\text{মাটির}}$$

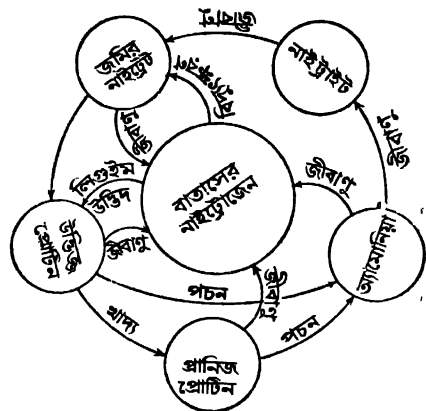
$\rightarrow$অজৈব নাইট্রেট$\rightarrow$প্রোটিন

(২) শিম জাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ে এক রকম অঙ্কুর (Nodules) থাকে—যাহাতে সিমবায়োটিক (Symbiotic) জাতীয় এক শ্রেণীর জীবাণু বাস করে। ইহারা সরাসরি বায়ুর নাইট্রোজেনকে উদ্ভিদ্‌দেহের অঙ্গীভূত করিয়া থাকে।

উদ্ভিদ্‌ভোজী প্রাণীসমূহ উদ্ভিদ্ জাতীয় খাদ্য হইতে তাহাদের প্রোটিন সংগ্রহ করিয়া থাকে। অপর পক্ষে মাংসাশী প্রাণীসমূহ অপর প্রাণীর মাংস, ডিম ও দুধ হইতে প্রোটিন গ্রহণ করিয়া তাহাদের দেহ রক্ষা করে।

এইরূপে বায়ু হইতে প্রতিনিয়ত নাইট্রোজেন অপসারিত হইলেও ইহাতে নাইট্রোজেনের অনুপাতের কোন পরিবর্তন লক্ষিত হয় না। কারণ প্রকৃতিতে কতকগুলি বিপরীতমুখী ক্রিয়াও সর্বদা সংঘটিত হইতেছে, যাহার ফলে নাইট্রোজেন আবার মুক্ত অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া আসে। মৃত্যুর পরে উদ্ভিদ্ ও প্রাণিদেহের নাইট্রোজেনীয় পদার্থের বিযোজন ও পচনের ফলে অ্যামোনিয়া ও কিছু মুক্ত নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। প্রাণিদেহ-নিঃসৃত মল-মূত্রাদিও একই উপায়ে অ্যামোনিয়া ও মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। এইরূপে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া মাটি-মধ্যস্থিত দুই শ্রেণীর (Nitrosifying and Nitrifying) জীবাণুর ক্রিয়ায় জারিত হইয়া অবশেষে নাইট্রেটে রূপান্তরিত হয়। মাটি-মধ্যস্থিত আর এক শ্রেণীর (Denitrifying) জীবাণুর ক্রিয়ায় নাইট্রোজেনীয় যৌগ হইতে নাইট্রোজেন মুক্ত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়। মুক্ত নাইট্রোজেনের এইরূপে বায়ুমণ্ডল হইতে অপসারিত হইয়া উদ্ভিদ্ ও জীবদেহে প্রবেশ করিবার পর পুনরায় মুক্ত অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে

ফিরিয়া আসিবার নাম নাইট্রোজেনের **বিবর্তন-চক্র**। ৫৯নং চিত্রে ইহার একটি নক্সা দেওয়া হইল।

এই প্রসঙ্গে একথা জানা দরকার যে, বায়ুমণ্ডলের যে পরিমাণ নাইট্রোজেন উদ্ভিদের খাদ্যরূপে প্রাকৃতিক উপায়ে ব্যবহৃত হয় তাহা প্রয়োজনের তুলনায় অল্প। সেইজন্য অ্যামোনিয়ম সালফেট, অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট প্রভৃতি কৃত্রিম সার ও মল, মূত্র, লতা-পাতা প্রভৃতি পচাইয়া প্রস্তুত জৈব সার উদ্ভিদের পুষ্টির জন্য প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এই সমস্ত সার হইতে রাসায়নিক ও জীবাণুর ক্রিয়ায় উদ্ভূত অ্যামোনিয়া পুনরায় জীবাণুর প্রভাবে জারিত হইয়া নাইট্রেটে পরিণত হইবার পর উদ্ভিদের খাদ্য প্রোটিনে রূপান্তরিত হয়।

চিত্র—৫৯

প্রশ্নমালা

১। অ্যামোনিয়া কিরূপ যৌগ? ইহা কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? ইহাকে অনার্দ্র করিবার পদ্ধতি কি? ইহার প্রধান প্রধান গুণগুলি বিবৃত কর।

২। প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া পরীক্ষার বর্ণনা দ্বারা প্রমাণ কর যে অ্যামোনিয়া (১) বাতাস অপেক্ষা হালকা, (২) জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় ও ইহার জলীয় দ্রব ক্ষারীয়, (৩) বাতাসে দাহ্য নহে কিন্তু অক্সিজেনে দাহ্য এবং (৪) উচ্চ উষ্ণতায় বিজারক।

৩। সংক্ষেপে হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ইহার পরিচায়ক পরীক্ষা কি?

৪। নিম্নোক্ত ক্ষেত্রসমূহে কি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণসহ লিখ: (ক) উত্তপ্ত সোডিয়মের উপর অ্যামোনিয়া চালনা করিলে, (খ) অ্যামোনিয়া ও বাতাসের মিশ্র প্ল্যাটিনমের উত্তপ্ত তারজালির ভিতর দিয়া চালনা করিলে, (গ) এক নলপূর্ণ ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা লাইকর অ্যামোনিয়া ফেলিলে, (ঘ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড ঢালিলে এবং (ঙ) তুঁতিয়ার জলীয় দ্রবে আস্তে আস্তে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড ঢালিলে।

৫। নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৬। নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। ধাতুর উপর ইহার ক্রিয়া সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৭। নিম্নোক্ত বস্তুগুলির উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া কি তাহা বর্ণনা কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ লিখ: (ক) গন্ধক, (খ) ফসফরস, (গ) লোহিত-তপ্ত কাঠকয়লা ও (ঘ) অ্যামোনিয়া।

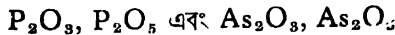
৮। বিভিন্ন নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া কি সমীকরণসহ তাহার একটি বিবরণ দাও।

৯। নাইট্রোজেনের অফুরন্ত ভাণ্ডার বায়ুমণ্ডল হইতে উদ্ভিদ্ ও প্রাণিজগৎ কিভাবে তাহাদের অত্যাবশ্যকীয় নাইট্রোজেন গ্রহণ করে তাহা বর্ণনা কর এবং বায়ুমণ্ডল হইতে এইজন্য সর্বদা নাইট্রোজেন অপসারিত হইলেও উহাতে নাইট্রোজেনের অনুপাত স্থির থাকে কেন তাহার কারণ দেখাও।

একবিংশ অধ্যায়

ফসফরস (Phosphorus) ও আরসেনিক (Arsenic)

সাধারণ আলোচনা: (নাইট্রোজেন, ফসফরস ও আরসেনিক পর্যায় সারণীর পঞ্চম শ্রেণীতে পর পর স্থাপিত হইয়াছে। এই একই শ্রেণীতে স্থাপিত হওয়ার জন্য ইহাদের গুণের মধ্যে কিছু তারতম্য লক্ষিত হইলেও অনেক সাদৃশ্য আছে। ইহাদের ভৌত গুণের মধ্যে পার্থক্যই অত্যন্ত প্রকট। সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন একটি বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ, ফসফরস একটি হলুদ্ আভাযুক্ত সাদা, নরম ও কঠিন পদার্থ এবং আরসেনিক একটি ইস্পাত-ধূসর ধাতব আভাযুক্ত কঠিন পদার্থ। কিন্তু কিছু তারতম্য থাকা সত্ত্বেও ইহাদের রাসায়নিক গুণের মধ্যে সাদৃশ্য অনেক বেশী। ইহাদের হাইড্রোজেন-যোজ্যতা তিন। সেইজন্য ইহাদের হাইড্রাইডের সংকেত NH_3, PH_3 ও AsH_3। কিন্তু NH_3-র তুলনায় PH_3 কম স্থায়ী এবং AsH_3 একটি অস্থায়ী পদার্থ। ইহাদের অক্সিজেন-যোজ্যতা পাঁচ। নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইড থাকিলেও ফসফরস ও আরসেনিকের দুইটি করিয়া অক্সাইড—

$$P_2O_3,\ P_2O_5 \text{ এবং } As_2O_3,\ As_2O_5$$

N_2O_3, NO_2, N_2O_5, P_2O_3 এবং P_2O_5 আম্লিক অক্সাইড; ইহারা জল সংযোগে অক্সি-অম্ল উৎপাদন করে। নাইট্রোজেনের এই অক্সাইডগুলি হইতে উৎপন্ন অ্যাসিড তীব্র হইলেও ফসফরসের অক্সাইড হইতে উৎপন্ন অ্যাসিড মৃদু।

কিন্তু As_2O_3 এবং As_2O_5 উভধর্মী অক্সাইড।)

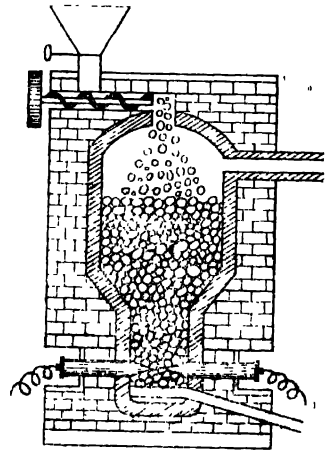
ফসফরস

অবস্থান : ফসফরস অত্যন্ত সক্রিয় বলিয়া প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ইহাকে দেখা যায় না, কিন্তু যুক্ত অবস্থায় ফসফেটরূপে ইহাকে যথেষ্ট পরিমাণে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায়। হাড়ের শতকরা প্রায় আটান্ন হইতে ষাট ভাগ ক্যালসিয়ম ফসফেট দ্বারা গঠিত। ফসফরাইট [$Ca_3(PO_4)_2$], ক্লোর-অ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$], ফ্লোর-অ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$] প্রভৃতি খনিজ পদার্থরূপে ইহাকে যুক্ত অবস্থায় বিপুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

চিত্র—৬০

ফসফরস প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি : ফসফরস একটি পণ্য-দ্রব্য এবং একমাত্র পণ্য পদ্ধতিতেই ইহা উৎপাদিত হইয়া থাকে। এই পদ্ধতিতে একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠে বিদ্যুতের সাহায্যে অত্যধিক তাপ উৎপাদন করিতে হয়।

অগ্নিসহ-ইষ্টক নির্মিত একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠ (চিত্র—৬০) প্রস্তুত করিয়া উহার তলদেশ হইতে একটু উপরে দুইটি গ্যাস-কারবনের তড়িৎ দ্বার লাগাইতে হয়। তড়িৎ দ্বারের একটু নীচে একটি নির্গম-দ্বার থাকে। এই প্রকোষ্ঠের উপরিভাগ স্ক্রু-যুক্ত একটি চোঙ এবং চোঙের নীচে গ্যাসীয় পদার্থের বহির্গমনের জন্য একটি বাঁকান নল থাকে যাহার অপর মুখ একটি চৌবাচ্চার জলে নিমগ্ন রাখিতে হয়। ইহাই বৈদ্যুতিক চুল্লী। বাহিরের বাতাসের সহিত ইহার ভিতরের অংশের সংযোগ থাকে না। প্রয়োজনীয় অনুপাতে খনিজ ফসফেট-চূর্ণ অথবা অস্থি-ভস্ম চূর্ণ, কোকচূর্ণ ও বালি একত্রে ভালভাবে মিশাইয়া স্ক্রু আল্‌গা করিয়া ঐ মিশ্রকে চোঙ-এর ভিতর দিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লীর মধ্যে ঢুকাইতে হয়। তারপর বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা দ্বারা দুইটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক আর্ক সৃষ্টি করিয়া ঐ প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 1200°C-এ তুলিতে হয়। তখন ক্যালসিয়ম ফসফেট, কোক ও বালির মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটে :

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C = 6CaSiO_3 + P_4 + 10CO$$

ক্যালসিয়ম সিলিকেট

ক্যালসিয়ম সিলিকেট গলিত অবস্থায় থাকায় নীচের নির্গম-দ্বারের ভিতর দিয়া বাহিরে লওয়া হয় এবং ফসফরসের বাষ্প ও কারবন মন-অক্সাইড উপরের নির্গম-নলের ভিতর দিয়া চৌবাচ্চার জলের মধ্যে চলিয়া যায়। সেখানে ফসফরসের বাষ্প শীতল হইয়া ঘনীভূত হয়। এইরূপে প্রাপ্ত ফসফরস বিশুদ্ধ করিবার জন্য প্রথমে উহাকে ক্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবে গলাইতে হয়; তখন উহার অপদ্রব্যগুলি জারিত হইয়া অপসারিত হয়। তারপর ইহাকে গলিত অবস্থায় জলের নীচে শ্যাময় চামড়ার ভিতর দিয়া নিংড়াইয়া লইয়া ছোট ছোট দণ্ডের আকারে ঢালাই করিয়া তৈয়ারি করিতে হয়। ফসফরসের এই সমস্ত টুকরা জলের নীচে রাখিতে হয়।

ফসফরসকে দুইটি রূপে থাকিতে দেখা যায়:— শ্বেত (White) বা পীত (Yellow) ফসফরস ও লোহিত (Red) ফসফরস।

কারবন, অক্সিজেন প্রভৃতি কোন কোন মৌলকে ফসফরসের ন্যায় একাধিকরূপে থাকিতে দেখা যায়। যে গুণের প্রভাবে কোন মৌল বিভিন্ন গুণবিশিষ্ট একাধিক রূপে অবস্থান করিতে পারে তাহাকে **বহুরূপতা (Allotropy)** বলে এবং একই মৌলের এইপ্রকার ভিন্ন ভিন্ন রূপকে **রূপভেদ (Allotropic modification)** বলে। সুতরাং শ্বেত বা পীত এবং লোহিত ফসফরস ফসফরস মৌলের দুইটি রূপভেদ।

বৈদ্যুতিক চুল্লীতে অস্থিভস্ম ও ফসফেটীয় খনিজ হইতে যাহা পাওয়া যায় তাহা শ্বেত বা পীত ফসফরস। শ্বেত ফসফস হইতে লোহিত ফসফরস পণ্য-পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

লোহিত ফসফরস প্রস্তুতি: বাতাসরোধক ঢাকনিযুক্ত একটি আবদ্ধ ঢালাই লোহার পাত্রে শ্বেত ফসফরস লইয়া 240 C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে পাত্রস্থিত বাতাসের অক্সিজেনে ফসফরসের সামান্য অংশ পুড়িয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উহার বেশী অংশ লোহিত ফসফরসে রূপান্তরিত হয়। এই রূপান্তর সম্পূর্ণ হইবার সময় দিয়া পাত্রটিকে ঠাণ্ডা করিতে হয়। তারপর উহার ঢাকনি খুলিয়া শক্ত জিনিসটিকে প্রথমে জলের মধ্যে গুঁড়া করিতে হয় এবং জল ফেলিয়া দিয়া ঐ গুঁড়া পদার্থকেশ্বেত ফসফরস হইতে মুক্ত করিবার নিমিত্ত সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবে ফুটাইতে হয়। অবশেষে উহাকে জলদ্বারা বিশেষভাবে ধুইয়া ফেলিয়া স্টীমে শুষ্ক করিতে হয়। শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের গুণসমূহ তুলনামূলকভাবে পরবর্তী সারণীতে দেওয়া হইল—

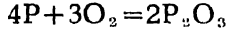
(শ্বেত ও লোহিত ফসফরসের তুলনামূলক গুণসমূহ

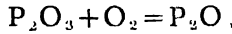
গুণ	শ্বেত ফসফরস	লোহিত ফসফরস
১। অবস্থা	কঠিন	কঠিন
২। বর্ণ	ঈষৎ হলুদ আভাযুক্ত সাদা	ঘন বাদামী
৩। আপেক্ষিক ঘনত্ব	1·8	2·2
৪। গলনাঙ্ক	44°C	500°-600°C
৫। জলে দ্রাব্যতা	অদ্রাব্য	অদ্রাব্য
৬। কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্যতা	দ্রবণীয়	অদ্রাব্য
৭। রাসায়নিক সক্রিয়তা	অত্যন্ত সক্রিয়	অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয়
৮। জ্বলনাঙ্ক	30°C	240°C
৯। সাধারণ উষ্ণতায় বাতাসে বিক্রিয়া	জারণ ও অনুপ্রভা (Phosphorescence)	নিষ্ক্রিয়
১০। উত্তপ্ত NaOH দ্রবে	ফসফিন ও সোডিয়ম হাইপোফসফাইট উৎপাদন	নিষ্ক্রিয়
১১। ক্লোরিণ গ্যাস	স্বতঃদহন	উত্তপ্ত অবস্থায় দহন
১২। শরীরের উপর ক্রিয়া	বিষ	নিষ্ক্রিয়)

ব্যবহারিক প্রয়োগ ঃ ফসফরস পেণ্টক্লোরাইড ও লোহিত ফসফরস প্রস্তুতিতে শ্বেত ফসফরস ব্যবহৃত হয়। দিয়াশলাই শিল্পে লোহিত ফসফরস ব্যবহার করা হয়; দিয়াশলাই-এর বাক্সের ঘন বাদামী রং-এর প্রলেপ ইহা হইতে প্রস্তুত হয়। পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতেও লোহিত ফসফরস ব্যবহৃত হয়।

ফসফরসের অক্সাইড : পূর্বেই বলা হইয়াছে যে ফসফরসের দুইটি অক্সাইড আছে। ফসফরস ট্রাই অক্সাইড (P_2O_3) ও ফসফরস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5)।

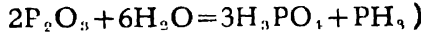
(**ফসফরস ট্রাই-অক্সাইড** : সীমিত পরিমাণ বাতাসে শ্বেত ফসফরস পোড়াইলে ইহা উৎপন্ন হয়।

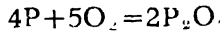
$$4P+3O_2=2P_2O_3$$

গুণ : ইহা মোমের ন্যায় একটি নরম ও কঠিন পদার্থ। ইহা সহজে জারিত হইয়া ফসফরস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়।

$$P_2O_3+O_2=P_2O_5$$

ঠাণ্ডা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া ইহা **ফসফরস অ্যাসিড** উৎপাদন করে।

$$P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$$

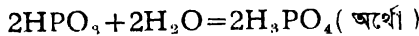
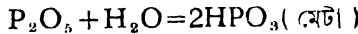
কিন্তু গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$$2P_2O_3+6H_2O=3H_3PO_4+PH_3$$)

(**ফসফরস পেণ্টক্সাইড** : অতিরিক্ত বাতাসে শ্বেত ফসফরস পোড়াইয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়।

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

গুণ : ইহা একটি অনিয়তাকার (Amorphous), সাদা ও কঠিন পদার্থ।

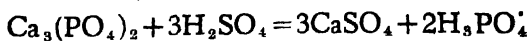
সাধারণ উষ্ণতায় ইহা হিস্ হিস্ শব্দে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। কিন্তু গরম জলে ইহা হইতে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$P_2O_5+H_2O=2HPO_3 \text{(মেটা)}$$

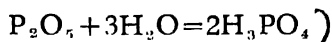
$$2HPO_3+2H_2O=2H_3PO_4 \text{(অর্থো)}$$

ইহা একটি অতি তীব্র নিরুদনকারী পদার্থ এবং অন্য পদার্থকে নিরুদিত করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।)

(**অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড** : অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডকে সাধারণতঃ ফসফরিক অ্যাসিড বলা হয়। দ্বিবিধ প্রণালীতে ইহা প্রস্তুত হইয়া থাকে।

(১) **অস্থিভস্ম হইতে** : প্রথমে অস্থিভস্ম মিহিভাবে চূর্ণ করিয়া কাঠের পাত্রে নাতি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইতে হয়। ঐ মিশ্রকে উচ্চ চাপের ষ্টীম দ্বারা উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিয়া ফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম সালফেট উৎপন্ন হয় :

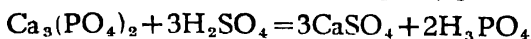
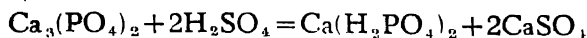
$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$$

ইহার পর উৎপন্ন মিশ্রকে একটি ছাই-এর স্তরের মধ্য দিয়া পরিস্রুত করিলে ফসফরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রব পরিস্রুৎ রূপে পাওয়া যায়। উহাকে ফুটাইয়া গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সিরাপের মত এক প্রকার দ্রব্য উৎপন্ন হয়। উহাই **সিরাপাকৃতি (Syrupy) ফসফরিক** অ্যাসিড নামে পরিচিত।

(২) **ফসফরস পেণ্টক্সাইড হইতেঃ** ফুটন্ত জলের সহিত ফসফরস পেণ্টক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া অথবা ফসফরস পেণ্টক্সাইডের উপর বিন্দু বিন্দু গরম জল ছড়াইয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়ঃ

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

চুনের সুপারফসফেট (Superphosphate of lime)ঃ মনো-ক্যালসিয়ম ফসফেট [$Ca(H_2PO_4)_2$] ক্যালসিয়ম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডের মিশ্রকে চুনের সুপার ফসফেট বলে। ইহা জমির সাররূপে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। কারণ ইহাতে যে মনো-ক্যালসিয়ম ফসফেট আছে তাহা জলে দ্রবণীয় হওয়ায় উদ্ভিদের পক্ষে পুষ্টির জন্য তাহাকে অঙ্গীভূত করা সহজ হয়।

ফসফেটীয় খনিজচূর্ণ বা হাড়চূর্ণের সহিত উহার 2/3 পরিমাণ 70% সালফিউরিক অ্যাসিড ভালভাবে মিশাইয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়। উপকরণ দুইটি মিশিবার সময় নিম্নোক্ত দুইটি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4=Ca(H_2PO_4)_2+2CaSO_4$$

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$$

এই মিশ্র প্রস্তুত কবিবার পর আট-দশ সপ্তাহের জন্য কোন সংরক্ষিত স্থানে ইহা ফেলিয়া রাখিতে হয়। তারপর উহা বিক্রয়ের জন্য প্রেরিত হয়।

আরসেনেট (Arsenate)ঃ ফসফরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) সহিত আরসেনিক অ্যাসিডের (H_3AsO_4) সাদৃশ্য আছে। কিন্তু ফসফরিক অ্যাসিড হইতে আরসেনিক অ্যাসিড মৃদুতর। আরসেনিক অ্যাসিডের লবণকে **আরসেনেট** বলে। আরসেনেট ফসফেটের সহিত সমাকৃতি। (সোডিয়ম আরসেনাইট ও সোডিয়ম নাইট্রেট একত্রে গলাইয়া সোডিয়ম আরসেনেট প্রস্তুত করা হয়। ক্যালিকো-ছাপে ইহা ব্যবহৃত হয়। লেড আরসেনেট ও ক্যালসিয়ম আরসেনেট কীটঘ্নরূপে ব্যবহৃত হয়)

আরসেনাইট (Arsenite)ঃ ফসফরস অ্যাসিডের (H_3PO_3) সহিত আরসেনিয়স অ্যাসিডের (H_3AsO_3) সাদৃশ্য আছে। আরসেনিয়স অ্যাসিডের লবণকে **আরসেনাইট** বলে।

সোডিয়ম কারবনেট, বাই-কারবনেট অথবা হাইড্রক্সাইডের সহিত আরসেনিয়স অক্সাইডের (As_2O_3) বিক্রিয়ায় সোডিয়ম আরসেনাইট প্রস্তুত হয়।

ফুটন্ত সোডিয়ম বাই-কারবনেটের দ্রবের সহিত আরসেনিয়স অক্সাইডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম আরসেনাইটের যে দ্রব পাওয়া যায় তাহা পরীক্ষাগারে প্রমাণ-দ্রবরূপে আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। শুষ্ক সোডিয়ম আরসেনাইট, তাহার জলীয় দ্রব, ক্যালসিয়ম আরসেনাইট ও শীলের গ্রীন (Scheele's green —$CuHAsO_3$) কীটঘ্নরূপে ব্যবহৃত হয়। শীলের গ্রীন ও প্যারীস গ্রীন নামে পরিচিত তাম্রের দ্বি-লবণ, কপার অ্যাসিটেট ও কপার আরসেনাইটের সংযুক্ত যৌগ [$Cu(C_2H_3O_2)_2$, $3Cu(AsO_2)_2$] কীটঘ্ন ও রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। কোন্ কোন্ প্রধান খনিজে ফসফরস যুক্ত অবস্থায় থাকে? কি উপায়ে এই সমস্ত খনিজ হইতে ফসফরস নিষ্কাশিত হয়?

২। ফসফরস মৌলের রূপভেদ কি কি? কি প্রকারে ইহার খনিজ হইতে প্রাপ্ত রূপভেদ অন্য রূপভেদে পরিবর্তন করা যায়? ইহার বিভিন্ন রূপভেদের প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ বিবৃত কর।

৩। ফসফরসের অক্সাইড কয়টি? তাহাদের নাম কি? তাহাদিগকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

৪। ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি কি কি? চুনের সুপারফসফেট বলিতে কি বুঝায়? উহাকে কি করিয়া প্রস্তুত করা হয় এবং উহা কিভাবে ব্যবহৃত হয়?

৫। আরসেনেট ও আরসেনাইটের ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

দ্বাবিংশ অধ্যায়

কারবন ও তাহার অক্সাইডদ্বয়

কারবন (Carbon)

প্রতীক, C। পারমাণবিক গুরুত্ব, 12

অবস্থান: হীরক, গ্রাফাইট ও পাথুরে কয়লা রূপে কারবন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় ইহা সমস্ত উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ পদার্থে বিদ্যমান। হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অবস্থায় ইহা মিথেন বা মার্শ গ্যাসে এবং পেট্রোলিয়মে বর্তমান। অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকিয়া ইহা কারবন ডাই-অক্সাইডরূপে

বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত। মারবেল, খড়ি, ডলোমাইট প্রভৃতি ধাতব কারবনেটেও ইহা যুক্ত অবস্থায় আছে।

(**কারবনের বহুরূপতা ঃ** কারবনকে ছয়টি বিভিন্ন রূপে দেখিতে পাওয়া যায়। ফসফরস প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে কোন কোন মৌল একটি বিশেষ গুণের প্রভাবে এই প্রকার একাধিকরূপে অবস্থান করিতে পারে, এই বিশেষ গুণকে **বহুরূপতা** বলে এবং মৌলের ভিন্ন ভিন্ন রূপকে তাহার **রূপভেদ** বলে। কারবনের এই ছয়টি রূপভেদের মধ্যে হীরক (Diamond) ও গ্রাফাইট (Graphite) নামক দুইটি কেলাসাকার (Crystalline), এবং কয়লা (Charcoal—প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ), ভুসা, (Soot), গ্যাস কারবন (Gas carbon) ও কোক (Coke) নামক চারিটি অনিয়তাকার (Amorphous)।

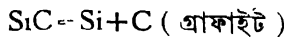
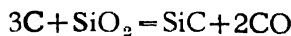
বিশুদ্ধ অবস্থায় এই ছয়টি বিসদৃশ বস্তুকে সমপরিমাণে, বাতাসে কিংবা অক্সিজেনে পোড়াইলে একই পরিমাণ কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় বলিয়া উহাদিগকে কারবনের ছয়টি রূপভেদ বলে।)

কেলাসাকার কারবন

(১) হীরক ঃ ভারতবর্ষ, দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল প্রভৃতি স্থানে ইহার খনি আছে। বিশ্ববিখ্যাত কোহিনুর হীরক ভারতেরই নিজস্ব ছিল। এখন ইহা ইংলণ্ডের রাণীর মুকুটে স্থান পাইয়াছে। **ময়সা (Moissan)**, বৈদ্যুতিক চুল্লীর সাহায্যে 3000°C উষ্ণতায় কয়লা উত্তপ্ত করিয়া 1893 খৃষ্টাব্দে কৃত্রিম হীরক উৎপাদন করেন। হীরক সর্বাপেক্ষা শক্ত। কাচ কাটিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। পূর্বে রত্ন হিসাবেই ইহার ব্যবহার সমধিক ছিল। এক্ষণে নানাবিধ বৈজ্ঞানিক যন্ত্রে ইহা ব্যবহৃত হইতেছে।

(২) গ্রাফাইট ঃ ভারতবর্ষ, লঙ্কাদ্বীপ, সাইবেরিয়া ও আমেরিকার ক্যালিফোর্নিয়া রাজ্যে ইহা পাওয়া যায়। কোকচূর্ণ ও বালির মিশ্রকে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে অত্যধিক উত্তপ্ত করিয়া ইহা এক্ষণে কৃত্রিম উপায়ে বহুল পরিমাণে উৎপাদিত হইতেছে।

$$3C+SiO_2=SiC+2CO$$

$$SiC=Si+C \text{ (গ্রাফাইট)}$$

ইহা একটি দ্যুতিময় ও ধূসর আভাযুক্ত কৃষ্ণবর্ণের কঠিন পদার্থ। ইহাকে স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল বা তৈলাক্ত ও নরম বোধ হয়। ঘর্ষণ দ্বারা ইহা কাগজের উপরে দাগ রাখিয়া যায়। ইহা বিদ্যুৎ ও তাপ পরিবাহী।

(**গ্রাফাইটের ব্যবহারিক প্রয়োগ :** বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ও নানারূপ তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎ-দ্বাররূপে, কৃষ্ণসীস-মুচি ও সীস-পেনসিল প্রস্তুতিতে এবং বারুদ পালিশ করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। অনেক যন্ত্রে ইহার চূর্ণ পিচ্ছিলকারক (Lubricant) রূপেও ব্যবহৃত হয়।)

অনিয়তাকার কারবন

কয়লা : (ক) কাঠকয়লা (Wood-charcoal) :—লৌহনির্মিত বকযন্ত্রে কাঠের অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা ইহা উৎপাদন করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন নামক তিনটি জৈব তরল পদার্থের জলীয় দ্রব, আলকাতরা ও হাইড্রোজেন, কারবন মন-অক্সাইড, মার্স-গ্যাস, ইথিলিন প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্র পাতিত দ্রব্যরূপে উৎপন্ন হয় এবং কাঠকয়লা অবশেষ রূপে বকযন্ত্রের মধ্যে থাকিয়া যায়। কিন্তু যেখানে কাঠ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়, সেখানে কাঠের টুকরা স্তূপাকারে সাজাইয়া এবং তাহার বেশী অংশ মাটির চাপড়া দিয়া ঢাকিয়া উহার উন্মুক্ত অংশে অগ্নি-সংযোগ করিলে উহার এক অংশ দগ্ধ হইয়া যায় এবং অবশিষ্টাংশ কয়লায় পরিণত হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে পূর্বোক্ত মূল্যবান উপজাত দ্রব্যগুলি নষ্ট হইয়া যায়।

চিনি উত্তপ্ত করিয়া বা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বিশুদ্ধ কাঠকয়লা প্রস্তুত করা হয়।

(খ) প্রাণিজ অঙ্গার (Animal Charcoal) : হাড়ের অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা ইহা প্রস্তুত করা হয়।

গুণ : কয়লা একপ্রকার সরন্ধ্র, অপেক্ষাকৃত নরম ও কাল কঠিন পদার্থ। ইহার মধ্যস্থিত রন্ধ্রগুলি বাতাসপূর্ণ থাকায় ইহা অনার্দ্র অবস্থায় জলে নিক্ষিপ্ত হইলে না ডুবিয়া ভাসিতে থাকে। ইহা সরন্ধ্র হওয়ায় ইহার তরল পদার্থ হইতে রঞ্জক দ্রব্য এবং গ্যাস বহির্ধৃতির (Adsorption)-ক্ষমতা আছে। সুতরাং ইহা রঙীন তরল পদার্থকে বর্ণহীন করিতে পারে। কাঠকয়লা হইতে প্রাণিজ অঙ্গারের এই ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত বেশী ; কারণ প্রথমটি হইতে দ্বিতীয়টি অপেক্ষাকৃত বেশী সরন্ধ্র। ইহা বিদ্যুৎ ও তাপ-পরিবাহী নহে। ইহা বাতাসে দাহ্য।

(**ব্যবহারিক প্রয়োগ :** কাঠকয়লা জ্বালানি, বিজারক ও পরিস্রুতি-স্তররূপে এবং বারুদ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। দূষিত গ্যাস অপসারণে ইহা হাঁসপাতালে ও নর্দমায় প্রযুক্ত হয়। প্রাণিজ অঙ্গার চিনি শোধনে ব্যবহৃত হয়। প্রাণিজ অঙ্গার হইতে উৎপন্ন 'আইভরি-ব্ল্যাক' নামক কয়লা রঞ্জক (Pigment) রূপে ব্যবহৃত হয়।)

ভুসা : কেরোসিন, পেট্রোলিয়ম, বেনজিন, তারপিন তৈল প্রভৃতি অত্যধিক কারবনযুক্ত পদার্থ সীমিত পরিমাণ বাতাসে পোড়াইয়া যে কাল ধূম পাওয়া যায়, তাহা বদ্ধ-প্রকোষ্ঠে অবস্থিত ঠাণ্ডা দেওয়াল বা ভিজা কম্বলের সংস্পর্শে আনিয়া সূক্ষ্ম চূর্ণাকারে ভুসা প্রস্তুত করা হয়। ইহার রং কাল। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী। ছাপার কালি, জুতার কালি, সাইকেলের রং ও পালিশ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

গ্যাস কারবন ও কোক : খনিতে যে পাথুরে কয়লা (Coal) পাওয়া যায় তাহা কারবন ও নানারূপ জৈব পদার্থের একপ্রকার অবিশুদ্ধ মিশ্রদ্রব্য। উহা অ্যানথ্রাসাইট (Anthracite) বা শক্ত কয়লা এবং জতুগর্ভ (Bituminous) বা নরম কয়লা এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত।

অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত বকযন্ত্রে জতুগর্ভ কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে বিভিন্ন গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী পদার্থ বকযন্ত্র হইতে নির্গত হইয়া যায়। গ্যাস কারবন উহার অপেক্ষাকৃত শীতলতর অংশে জমাট বাঁধিয়া থাকে এবং কোক অবশেষরূপে উহার তলদেশে পড়িয়া থাকে।

গ্যাস কারবন তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী। ইহা তড়িৎদ্বাররূপে নানাবিধ তড়িৎ বিশ্লেষণে, অনেক ব্যাটারিতে, বৈদ্যুতিক পাখায় এবং আর্ক-দীপ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। জ্বালানি রূপে এবং ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক রূপে কোক ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কারবনের অক্সাইডদ্বয়

কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং কারবন মন-অক্সাইড (CO) নামক কারবনের দুইটি অক্সাইড আছে।

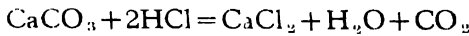
(১) কারবন ডাই-অক্সাইড

সংকেত, CO_2। আনবিক গুরুত্ব, 44।

অবস্থান : কারবন ডাই-অক্সাইড বাতাসের একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। উহার আয়তনের শতকরা ০˙০ 3 ভাগ কারবন ডাই-অক্সাইড। বাতাসে ইহার অনুপাত এত সামান্য হইলেও ইহার এই অস্তিত্বের উপর নির্ভর করে উদ্ভিদ্ জগতের সত্তা ও বৃদ্ধি। কোন কোন ঝরনার জলের সহিত ইহাকে নির্গত হইতে দেখা যায়। ফ্রান্সের ভিসি নামক স্থানের প্রস্রবন-জল কারবন ডাই-অক্সাইড যুক্ত থাকায় প্রসিদ্ধি লাভ করিয়াছে। কোন কোন স্থানে ইহাকে মাটি হইতে বহির্গত হইতে দেখা যায়। ইহার অস্তিত্বের জন্য, জাভার মৃত্যু-উপত্যকার ভিতর দিয়া কোন পাখী জীবন্ত অবস্থায় উড়িয়া যাইতে পারে না। চুনাপাথর, মারবেল ও

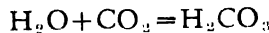
খড়িরূপে প্রকৃতিতে অবস্থিত ক্যালসিয়ম কারবনেটে ইহা চুনের সহিত যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান।

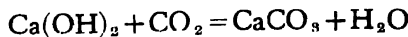
প্রস্তুতি ঃ (১) পরীক্ষাগার পদ্ধতি ঃ কোন কারবনেটের সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা প্রস্তুত করা হয়। দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি উল্‌ফ্‌বোতলে (চিত্র-৪২) কিছু ছোট ছোট মারবেলের টুকরা লইতে হয়। এখানে ৪২ নং চিত্রানুযায়ী নির্গম নলের বাহিরের মুখ জলে না ডুবাইয়া একটি খালি গ্যাস-জারের মধ্যে রাখিতে হয়। তারপর ফানেলের ভিতর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব ঢালিলেই বিক্রিয়া আরম্ভ হয়।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

বাতাস অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী হওয়ায় বাতাসের উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা গ্যাস-জারে ইহা সংগৃহীত হয়। ইহাতে অবস্থিত অতি সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপসারিত করিতে হইলে ইহাকে জলযুক্ত প্রক্ষালন-বোতলের মধ্য দিয়া প্রথমে চালিত করিয়া পরে গ্যাস-জারে সংগ্রহ করিতে হয়।

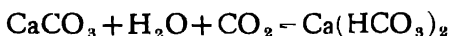
(২) পণ্য-পদ্ধতি ঃ ইহার প্রস্তুতির কোন পৃথক পণ্য-পদ্ধতি নাই। চুন এবং অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে ইহা উপজাতরূপে বহুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

গুণ ঃ কারবন ডাই-অক্সাইড মৃদুঘ্রাণ ও সামান্য অম্লস্বাদযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। চাপের সাহায্যে অতি সহজেই ইহাকে তরল করা যায়। তরল অবস্থায় বাতাসে উন্মুক্ত রাখিলে ইহার একাংশ অতিদ্রুত বাষ্পীভূত হইয়া যায় ও অবশিষ্টাংশ জমিয়া কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক বরফ বলে। কারবন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং উচ্চ চাপে ইহার জলে দ্রাব্যতা যথেষ্ট বাড়িয়া যায়। ইহার জলীয় দ্রব নীল লিটমস দ্রবকে লাল করে ; কারণ ইহা জলের সহিত যুক্ত হইয়া কারবনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করে ঃ

$$H_2O + CO_2 = H_2CO_3$$

কারবনিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারী। সুতরাং ইহার আম্লিক, ($NaHCO_3$) ও পূর্ণ (Na_2CO_3) এই দুই শ্রেণীর লবণ আছে। স্বচ্ছ চুনের জলের ভিতর দিয়া ইহা চালিত হইলে, অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কারবনেট তৈয়ারি হওয়ায়, চুনের জল দুগ্ধবৎ ঘোলা হইয়া যায় ঃ

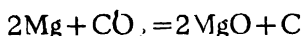
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কিন্তু ঐ ঘোলা চুনের জলের মধ্যে আরও বেশীক্ষণ কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত

করিলে জলে দ্রাব্য ক্যালসিয়ম বাই-কারবনেট প্রস্তুত হওয়ায় ঘোলাটে চুনের জল আবার স্বচ্ছ হইয়া যায় :

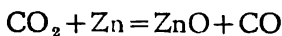
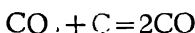
$$CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$$

ক্যালসিয়ম বাই-কারবনেটের অবস্থিতিতে জল অস্থায়ী খরতা প্রাপ্ত হয়, কারণ ঐ জল ফুটাইলে ক্যালসিয়ম বাই-কারবনেট ভাঙ্গিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কারবনেট, জল ও কারবন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারি হয় সুতরাং উহা আবার মৃদু হইয়া যায়।

$$Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$$

ইহা দাহ্য নহে এবং সাধারণ অবস্থায় দহন সহায়কও নহে। কিন্তু যে সকল বস্তুর দহনকালে অত্যধিক তাপ উৎপন্ন হয় তাহারা ইহাতে পুড়িতে থাকে। যেমন, জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের তার বা ফিতা ইহার মধ্যে পুড়িতে থাকে।

$$2Mg+CO_2=2MgO+C$$

লোহিত-তপ্ত কয়লা বা কোক, উত্তপ্ত দস্তা ও লৌহ-চূর্ণ দ্বারা ইহা বিজারিত হইয়া কারবন মনো-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2+C=2CO$$

$$CO_2+Zn=ZnO+CO$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : ইহা দহন সহায়ক না হওয়ায় ও বাতাস অপেক্ষা ভারী হওয়ায় ইহা অগ্নিনির্বাপকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বাতান্বিত জল ও সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়ম কারবনেট প্রস্তুত করিতে ইহার প্রয়োজন হয়। শীতলকারক-রূপেও বর্তমানে কারবন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হইতেছে।

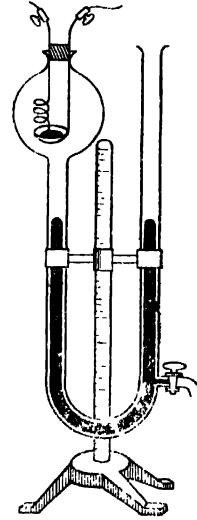
পরিচায়ক পরীক্ষা : (ক) ইহা একটি বর্ণহীন ও অদাহ্য গ্যাস। ইহা দহন সহায়ক নহে।

(খ) ইহা স্বচ্ছ চুনের জলকে দুগ্ধবৎ ঘোলা করে যাহা ইহার অতিরিক্ত প্রয়োগে আবার স্বচ্ছ হয়।

গুণ প্রদর্শক পরীক্ষা : ইহা বাতাস অপেক্ষা ভারী : (১) একপাত্র হইতে অন্য পাত্রে যেমন জল ঢালা হয় সেইরূপে টেবিলের উপর একটি খালি গ্যাস-জার রাখিয়া তাহার মধ্যে অন্য পাত্র হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড ঢাল। তারপর টেবিলের উপরের গ্যাসজারে কিছু স্বচ্ছ চুনের জল ঢালিয়া ঝাঁকাও। চুনের জল দুগ্ধবৎ ঘোলাটে হইবে। (২) একটি প্রজ্বলিত মোমবাতির উপর একটি বড় গ্যাসজার হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড ঢাল। মোমবাতি নিভিয়া যাইবে।

ইহা দাহ্য ও দহন সহায়ক নহে কিন্তু প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা ইহাতে জ্বলিতে থাকে :—এক জার কারবন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে একটি জ্বলন্ত

পাটকাঠি প্রবেশ করাও। পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে ও কারবন ডাই-অক্সাইডে আগুন ধরিবে না। কিন্তু উহার মধ্যে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা ধরিলে ঐ ফিতা জ্বলিতে থাকিবে।

কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি: কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়ে বাল্‌বযুক্ত একটি গ্যাসমান যন্ত্র ব্যবহৃত হয় (চিত্র—৬১)। এই বাল্‌বের ঘষা কাচের ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি শক্ত তামার তার বায়ুরোধক-ভাবে প্রবেশ করান থাকে। একটি তামার তারের ভিতরের মুখের সহিত একটি ছোট তামার চামচ যুক্ত থাকে এবং একটি প্ল্যাটিনম তারের কুণ্ডলী সহযোগে চামচটি অপর তামার তারের সহিত সংযুক্ত থাকে। চামচের উপরে খানিকটা বিশুদ্ধ কয়লা রাখা হয়।

চিত্র—৬১

প্রথমে ছিপিটি খুলিয়া রাখিয়া যন্ত্রটি পারদে ভর্তি করিয়া দেওয়া হয়। তারপর যন্ত্রের দ্বিতীয় বাহুর স্টপকক খুলিয়া পারদ বাহির করিয়া লইবার সঙ্গে সঙ্গে প্রথম বাহুর কিয়দংশ ও তাহার উপরের বাল্‌বটি বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পূর্ণ করিয়া কয়লসহ ছিপিটি প্রথম বাহুর মুখে তাড়াতাড়ি বসাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর উভয় বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া তামার তার দুইটির বাহিরের মুখ বৈদ্যুতিক ব্যাটারীর পরা ও অপরা মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহ প্ল্যাটিনম-কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া চালিত হইবার সময় উহা শীঘ্রই লোহিত-তপ্ত হইয়া ওঠে। তখন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কয়লা পুড়িতে থাকে। যন্ত্র-মধ্যস্থিত সমস্ত অক্সিজেন নিঃশেষ হইবার পর কয়লার দহন বন্ধ হইয়া যায়। তখন বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা বন্ধ করিয়া যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা হইতে দিতে হয়। উহা পূর্বতন উষ্ণতায় আসিলে দেখা যায় যে বাল্‌বযুক্ত বাহুর পারদের ঊর্ধ্ব সীমা পূর্বের উচ্চতাতেই আছে। ইহাতে প্রমাণ পাওয়া যায় যে উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তন ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তনের সমান। অর্থাৎ কারবন ডাই-অক্সাইডে তাহার সম-আয়তনের অক্সিজেন আছে।

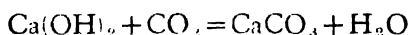
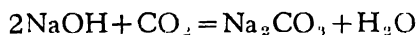
কারবন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক সংযুতি: দশম অধ্যায়ে কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় প্রসঙ্গে যে পরীক্ষা-পদ্ধতি বিবৃত হইয়াছে (৭৯-৮০ পৃষ্ঠা) তাহাই কারবন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক সংযুতি নির্ধারণে প্রযোজ্য। উক্ত প্রসঙ্গে দেখান

হইয়াছে যে $(w_2 - w_1)$ গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইডে $(a-b)$ গ্রাম কারবন ও $\{(w_2 - w_1) - (a-b)\}$ গ্রাম অক্সিজেন থাকে। পরীক্ষা দ্বারা w_1, w_2, a ও bএর মান বাহির করিয়া জানা যায় যে 3·67 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইডে 1 গ্রাম কারবন ও 2·67 গ্রাম অক্সিজেন থাকে। অর্থাৎ 44 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইডে 12 গ্রাম কারবন ও 32 গ্রাম অক্সিজেন থাকে।

কারবনেট ও বাই-কারবনেট : কারবন ডাই-অক্সাইডের গুণ প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে ইহা দ্বিক্ষারী কারবনিক অ্যাসিড উৎপাদন করে ও ঐ অ্যাসিডের আম্লিক ও পূর্ণ লবণ আছে। এই অ্যাসিডের পূর্ণ লবণকে **কারবনেট** ও আম্লিক লবণকে **বাই-কারবনেট** বলে।

ক্ষার-ধাতু (Alkali metal) ও মৃৎক্ষার-ধাতুর (Alkaline earth metal) কারবনেট প্রস্তুত করা হয় তাহাদের হাইড্রক্সাইড ও অক্সাইডের সহিত পরিমিত পরিমাণের কারবন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায়

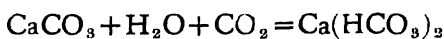
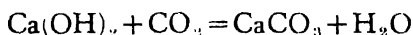
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কিন্তু অধিক পরিমাণে কারবন ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করিলে তাহাদের বাই-কারবনেট উৎপন্ন হয়

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

$$\underline{CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2}$$

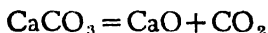
$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

অনেক ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবে সোডিয়ম বাই-কারবনেট দিলে তাহাদের অদ্রাব্য কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$MgSO_4 + 2NaHCO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

রাং ও অ্যালুমিনিয়মের কোন কারবনেট নাই। ফেরাস কারবনেট অস্থায়ী এবং ফেরিক কারবনেটের অস্তিত্ব নাই।

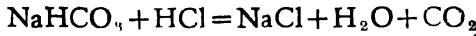
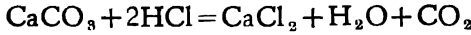
সোডিয়ম ও পটাসিয়ম ভিন্ন অন্যান্য ধাতুর কারবনেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া ধাতুর অক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

বাই-কারবনেট উত্তপ্ত করিলে কারবনেট, জল ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

কারবনেট ও বাই-কারবনেটের উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বুদ্বুদনসহ লবণ, জল ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$

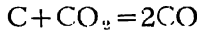
$$NaHCO_3+HCl=NaCl+H_2O+CO_2$$

এই প্রক্রিয়াই কারবনেট ও বাই-কারবনেটের পরিচায়ক।)

কারবন মন-অক্সাইড

সংকেত, CO। আণবিক গুরুত্ব, 28।

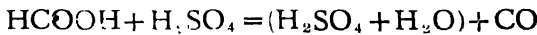
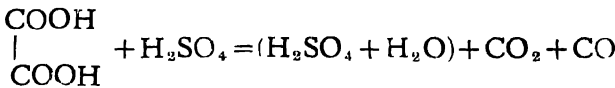
অবস্থান: প্রকৃতিতে কারবন মন-অক্সাইডকে মুক্ত অবস্থায় থাকিতে প্রায় দেখা যায় না। কিন্তু অপর্যাপ্ত বাতাসে বা অক্সিজেনে কারবন বা কারবনযুক্ত কোন জ্বালানি পুড়িলে কারবনের আংশিক জারণে ইহা উৎপন্ন হয়। কোল গ্যাস, ওআটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস প্রভৃতি গ্যাসীয় জ্বালানির ইহা একটি বিশিষ্ট উপাদান।

প্রস্তুতি: লোহিত-তপ্ত কয়লা ও কোকের ভিতর দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে কারবন মন-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$C+CO_2=2CO$$

পরীক্ষাগার পদ্ধতি: পরীক্ষাগারে গরম ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফরমিক (Formic) বা অক্সালিক (Oxalic) অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কারবন মন-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় গরম ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জৈব অ্যাসিড দুইটির অণু হইতে এক অণু জল নিষ্কাশিত করিয়া লয়:

$$HCOOH+H_2SO_4=(H_2SO_4+H_2O)+CO$$

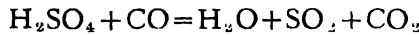
ফরমিক অ্যাসিড

$$\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}+H_2SO_4=(H_2SO_4+H_2O)+CO_2+CO$$

অক্সালিক অ্যাসিড

ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে একটি কুপীতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহার মুখ একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত ছিপিদ্বারা বন্ধ করিতে হয় ও ফানেলে ফরমিক অ্যাসিড লইতে হয়। নির্গম-নলের বাহিরের মুখটি একটি কস্টিক পটাশের দ্রবযুক্ত প্রক্ষালন-বোতলের সহিত যুক্ত করিতে হয় এবং এই বোতলের পার্শ্বনলের সহিত আর একটি বাঁকা মুখযুক্ত নির্গম-নল আঁটিয়া উহার অপর মুখ গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিতে হয় (চিত্র—৬২)। তারপর গাঢ়

সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে, তাহার স্টপকক অল্প খুলিয়া আস্তে আস্তে ফোঁটায় ফোঁটায় ফরমিক অ্যাসিড ফেলিতে হয়। প্রক্ষালন-বোতলের কস্টিক পটাশ দ্রবের ভিতর দিয়া যাইবার সময় উৎপন্ন কারবন মন-অক্সাইড তাহার মধ্যে স্বল্প পরিমাণে বিদ্যমান কারবন-ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড নামক দুইটি গ্যাস হইতে মুক্ত হয়। শেষোক্ত গ্যাস দুইটি কারবন মন-অক্সাইড কর্তৃক সালফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণে অল্প পরিমাণে উৎপন্ন হইয়া থাকে।

চিত্র—৬২

$$H_2SO_4 + CO = H_2O + SO_2 + CO_2$$

অবশেষে কারবন মন-অক্সাইড জল-ভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে গৃহীত হয়। অনার্দ্র গ্যাস পাইতে হইলে উহাকে প্রথমে কস্টিক পটাশ দ্রবে ধৌত করিবার পর ফসফরস পেণ্টক্সাইড পূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া পরে শুষ্ক পারদের উপর সংগ্রহ করিতে হয়।

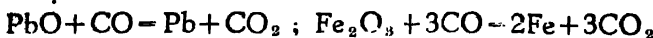
অক্সালিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে কূপীতে উহার সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিতে হয়।

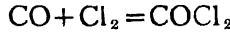
গুণ ঃ কারবন মন-অক্সাইড একটি বিশিষ্ট মৃদুগন্ধী ও বর্ণহীন গ্যাস। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। প্রশ্বাসের সহিত কিছুক্ষণ গ্রহণ করিলে ইহা রক্ত জমাট করিয়া মৃত্যু ঘটাইয়া থাকে। বন্ধ ঘরে আগুন রাখিলে এইরূপ দুর্ঘটনা ঘটিয়া থাকে। ইহা জলে দ্রবণীয় নহে কিন্তু গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবে ইহা দ্রবণীয়।

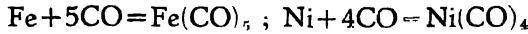
ইহা দাহক না হইলেও বাতাস বা অক্সিজেনে মৃদু নীল শিখাসহ পুড়িয়া থাকে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

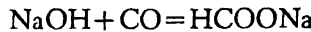
ইহা একটি শক্তিশালী বিজারক। সীসা, তাম্র, লৌহ প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড লোহিত তাপে ইহা দ্বারা বিজারিত হয়।

$$PbO + CO = Pb + CO_2 \; ; \; Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$

ইহা একটি অপরিপৃক্ত (unsaturated) যৌগ। সূর্যকিরণে ইহা সোজাসুজি ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত হইয়া কারবনিল ক্লোরাইড নামক যৌগ উৎপাদন করে। কারবনিল ক্লোরাইড ফসজেন নামে পরিচিত।

$$CO+Cl_2=COCl_2$$

উত্তপ্ত অবস্থায় লৌহ, নিকেল প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া ইহা ধাতব কারবনিল প্রস্তুত করে।

$$Fe+5CO=Fe(CO)_5 \; ; \; Ni+4CO=Ni(CO)_4$$

আয়রণ কারবনিল নিকেল কারবনিল

ইহা একটি প্রশম অক্সাইড। সুতরাং ক্ষারের সহিত সাধারণতঃ ইহার কোন বক্রিয়া নাই; সেইজন্য ইহা দ্বারা স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা হয় না। কিন্তু 200°C উষ্ণতায় ও অতিরিক্ত চাপে ইহা কস্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়ম ফরমেট উৎপাদন করে।

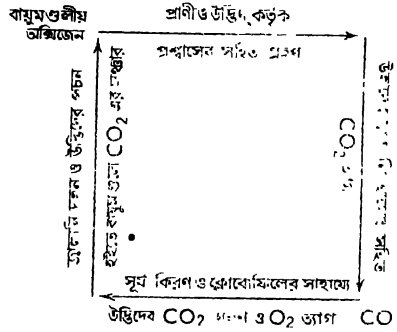
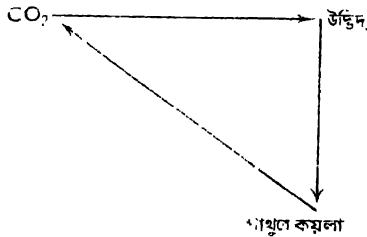
$$NaOH+CO=HCOONa$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : কোল গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস, ওআটার গ্যাস প্রভৃতি গ্যাসীয় জ্বালানির ইহা একটি বিশিষ্ট তাপ উৎপাদক উপাদান। বিজারক-রূপে ইহা লৌহ, নিকেল প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশনে একটি বিশিষ্ট ভূমিকা গ্রহণ করিয়া থাকে।

পরিচায়ক পরীক্ষা : কারবন মন-অক্সাইড ঈষৎ নীল শিখাসহ পুড়িয়া শুধু কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে যাহা স্বচ্ছ চুনের জলকে দুগ্ধবৎ ঘোলা করে। কিউপ্রাস ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবে ইহা দ্রবীভূত হয়।

প্রকৃতিতে কারবন ও কারবন ডাই-অক্সাইডের বিবর্তন-চক্র : প্রশ্বাসের সহিত বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেন লইয়া উদ্ভিদ্ ও প্রাণীসমূহ নিঃশ্বাসের সহিত কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ুমণ্ডলে ছাড়িয়া দেয়। কারবনযুক্ত দাহ্য পদার্থ বাতাসে পুড়িবার সময় এবং প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ পদার্থের পচনের ও অন্যভাবে নষ্ট হইয়া যাইবার সময় বাতাসের অক্সিজেন ব্যয়িত হয় ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া বাতাসে চলিয়া আসে।

অপর পক্ষে পুষ্টির নিমিত্ত উদ্ভিদেরা তাহাদের মধ্যস্থিত ক্লোরোফিল নামক সবুজ বর্ণের যৌগের সাহায্যে সূর্যকিরণে বাতাসের কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল পরিপাক করিয়া শুধু অক্সিজেন পুনরায় বাতাসে ছাড়িয়া দেয়। সুতরাং উদ্ভিদ্ জগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি নির্ভর করে বাতাসের কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলের উপর।

সুতরাং প্রকৃতিতে এই দুই শ্রেণীর বিপরীতমুখী প্রক্রিয়া সর্বদা সংঘটিত হওয়ায় বাতাসের অক্সিজেন ও কারবন ডাই-অক্সসাইডের শতকরা হার স্থির থাকিয়া যায়।

শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য নিম্নে কারবন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিবর্তন-চক্র দেওয়া হইল :

লক্ষ লক্ষ বৎসর পূর্বে প্রবল ভূমিকম্পে বিরাট বিরাট বনভূমি মাটির নীচে চাপা পড়িয়া গিয়াছিল। সেখানে বাতাসের সহিত সংস্পর্শবর্জিত অবস্থায় তাপ ও প্রবল চাপের ক্রিয়ায় উদ্ভিদসমূহের পাথুরে কয়লায় রূপান্তর, কয়লার দহনে কারবন ডাই-অক্সাইডের উৎপত্তি ও কারবন ডাই-অক্সাইড দ্বারা উদ্ভিদের পুষ্টিকে মোটামুটি-ভাবে কারবনের বিবর্তন চক্র বলা যাইতে পারে।

প্রশ্নমালা

১। মৌলের বহুরূপতা বলিতে কি বুঝায়? কারবনের রূপভেদগুলির নাম কর। তাহাদের প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

২। পরীক্ষাগারে কারবন ডাই-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। এই গ্যাসের প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। প্রমাণ কর যে কারবন ডাই-অক্সাইডে তাহার সম আয়তনের অক্সিজেন বিদ্যমান।

৪। কারবন ডাই-অক্সাইডের যৌগিক সংযুতি নির্ণয় কর।

৫। কারবন মনো-অক্সাইড প্রস্তুত করিবার পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার বিশিষ্ট গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগগুলির বিবরণ দাও।

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

হ্যালোজেন পরিবার

ফ্লোরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন এই চারিটি অধাতব মৌল হ্যালোজেন নামে অভিহিত। কারণ সোডিয়মের সহিত যুক্ত হইয়া ইহারা যে চারিটি লবণ উৎপাদন করে, সামুদ্রিক লবণ, সোডিয়ম ক্লোরাইডের সহিত তাহাদের সাদৃশ্য আছে। পরন্তু ক্লোরিণের সোডিয়ম লবণ ও সামুদ্রিক খাদ্যলবণ অভিন্ন। তাহাদের পারিবারিক নাম হ্যালোজেন, গ্রীক শব্দ Hals হইতে উৎপন্ন ও Hals এর অর্থ সামুদ্রিক লবণ। এই চারিটি মৌলের কতকগুলি গুণের মধ্যে সাদৃশ্য থাকায় তাহাদিগকে মানুষের পরিবারের ন্যায় একই পরিবারের অন্তর্ভুক্ত করিয়া পর্যায় সারণীর এক শ্রেণী বা বর্গে স্থাপিত করিবার পর তাহাদের পরিবারকে হ্যালোজেন পরিবার বলা হইয়াছে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাস (Hydrochloric Acid-gas) বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (Hydrogen Chloride):

সংকেত, HCl। আণবিক গুরুত্ব, 36·5।

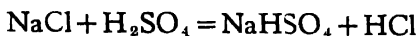
গ্যাসীয় অবস্থায় ইহার নাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস কিন্তু ইহার জলীয় দ্রব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নামে পরিচিত।

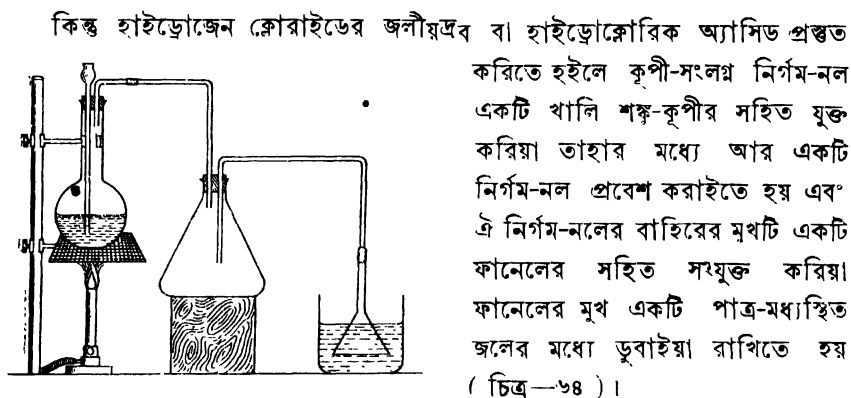
অবস্থান: আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের সময় উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রে ও পাকস্থলীর রসে ইহা বিদ্যমান। খাদ্যলবণ সোডিয়ম ক্লোরাইড ইহার লবণ।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি: দীর্ঘানল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি কুপীতে কিছু খাদ্যলবণ ও তাহার দ্বিগুণ ওজনের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। একটি প্রক্ষালন-বোতলে কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তাহার সহিত নির্গম-নলের বাহিরের মুখটি সংযুক্ত করা হয় ও প্রক্ষালন-বোতলের পার্শ্ব-নলের সহিত আর একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া তাহার অপর মুখ একটি গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র—৬৩)। তারপর কুপীটি সামান্য

চিত্র—৬৩

পরিমাণে উত্তপ্ত করিলে খাদ্যলবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া সোডিয়ম বাই-সালফেট ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়:

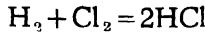
$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

উৎপন্ন গ্যাস, প্রক্ষালন-বোতলের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় অনার্দ্র হইয়া যায়। তখন তাহাকে বাতাসের ঊর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয়দ্রব বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে কূপী-সংলগ্ন নির্গম-নল একটি খালি শঙ্ক-কূপীর সহিত যুক্ত করিয়া তাহার মধ্যে আর একটি নির্গম-নল প্রবেশ করাইতে হয় এবং ঐ নির্গম-নলের বাহিরের মুখটি একটি ফানেলের সহিত সংযুক্ত করিয়া ফানেলের মুখ একটি পাত্র-মধ্যস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিতে হয় (চিত্র—৬৪)।

চিত্র—৬৪

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি: কাচ ও অন্যান্য অনেক শিল্পে প্রয়োজনীয় গ্লবার-লবণ (Glauber's-salt) নামে পবিচিত সোডিয়ম সালফেট প্রস্তুতির পণ -পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উপজাতরূপে পাওয়া যায়। এইরূপে উৎপন্ন গ্যাসকে প্রথমে একটি শীতক-নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া ঠাণ্ডা করিতে হয়। তারপর উহাকে কোকপূর্ণ টাওয়ারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করাইয়া উহাকে ধূলি ও অন্যান্য কঠিন দ্রব্যের কণা হইতে মুক্ত করিয়া আবার উহাকে কয়েকটি কোকপূর্ণ পবস্পরসংযুক্ত টাওয়ারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং উপর হইতে ঐ সমস্ত টাওয়ারের ভিতর দিয়া আস্তে আস্তে জল গড়াইবার ব্যবস্থা করা হয়। টাওয়ারের মধ্যে জলের সংস্পর্শে আসিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয় এবং এইভাবে প্রস্তুত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড টাওয়ারের নীচে স্থাপিত পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

তড়িদ্বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুত করিবার সময় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ উপজাতরূপে পাওয়া যায়। বালি গলাইয়া প্রস্তুত নলের মধ্যে এইভাবে

উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আবরণে ক্লোরিণ পোড়াইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়।

আমাদের দেশে নির্গম-নলযুক্ত ঢালাই লোহার পাত্রে খাদ্যলবণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্র ফুটাইয়া এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড কয়েকটি পরস্পরসংলগ্ন মাটির বা পোরসিলেনের পাত্রস্থিত জলে দ্রবীভূত করিয়া স্বল্পপরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

গুণ: হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি তীব্রগন্ধী ও শ্বাসরোধী গ্যাস কিন্তু ইহা বিষাক্ত নহে। ইহা বাতাস অপেক্ষা ভারী। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়; সেইজন্য সিক্ত বাতাসের সংস্পর্শে ইহা ধূমায়িত হয়। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বোতলের ছিপি খুলিলেও ধূম উদ্‌গত হয়।

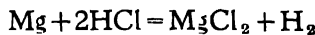
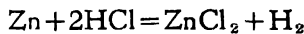
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি এক ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রব নীল লিটমস দ্রবকে লাল করে। ইহার শুধু পূর্ণ লবণই বিদ্যমান; ইহার কোন অম্ললবণ নাই। ইহার লবণ ক্লোরাইড নামে অভিহিত।

ইহা দাহ্য বা দহনসহায়ক নহে। অ্যামোনিয়ার সহিত ইহার সংস্পর্শ ঘটিবামাত্র, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের সাদা ধূম উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

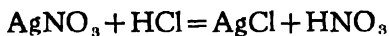
এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পরিচয় পাওয়া যায়। দস্তা, ম্যাগনেসিয়ম, লোহ এবং রাং ইহার সহিত অবিলম্বে বিক্রিয়া করিয়া তাহাদের স্ব-স্ব ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদন করে।

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

কিন্তু রৌপ্য, পারদ ও স্বর্ণের উপর ইহার কোন বিক্রিয়া নাই। তাম্র ও সীসা উত্তপ্ত অবস্থায় ধীরে ধীরে ইহার সহিত বিক্রিয়া করে। ইহা জারিত হইলে জল ও ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা কোন ধাতব ক্লোরাইডের জলীয়দ্রব দিলে জলে অদ্রাব্য দধিবৎ সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সিলভার ক্লোরাইডের কোন বিক্রিয়া নাই। কিন্তু অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ইহা দ্রবণীয় জটিল লবণে পরিবর্তিত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা: (১) অ্যামোনিয়ার সহিত সংস্পর্শ ঘটামাত্র হাইড্রোজেন ক্লোরোইড, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের সাদা ধূম উৎপাদন করে।

(২) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে সবুজ আভাযুক্ত পীত বর্ণের ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(৩) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিলভার নাইটের দ্রব দিলে দধিবৎ সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় না কিন্তু অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে আক্রান্ত হইয়া জলে অদৃশ্য হইয়া যায়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে ও ঔষধ হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। রঞ্জন-শিল্পে, বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে, ক্লোরিণ উৎপাদনে ও লৌহের পাতের উপরে দস্তা ও রাংএর প্রলেপ দিবার পূর্বে লৌহপাত পরিষ্কার করিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

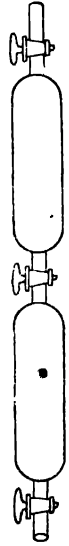
গুণ প্রদর্শক পরীক্ষা: (১) **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় ও ইহার জলীয়দ্রব একটি অ্যাসিড:**—অ্যামোনিয়ার ক্ষেত্রে যে ফোয়ারা পরীক্ষা করা হইয়াছে তাহা এক্ষেত্রে প্রয়োগ করিয়া অর্থাৎ গোল তলা বিশিষ্ট কূপী অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পূর্ণ করিয়া জলে ইহার অত্যধিক দ্রাব্যতা প্রমাণ করা হয়। নীল লিটমস দ্রবদ্বারা জল নীল বর্ণ করিয়া তাহা ব্যবহার করিলে ফোয়ারার আকারে ঐ জল কূপীর মধ্যে নির্গত হইয়া লাল হইয়া যায়।

(২) **ইহা দাহ্য বা দাহক নহে:**—এক জার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে গ্যাসে আগুন ধরে না ও জলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায়।

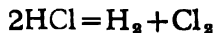
(৩) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পূর্ণ একটি গ্যাসজারের মুখের নিকট লাইকর অ্যামোনিয়া সিক্ত একটি কাচদণ্ড ধরিলে উহা হইতে সাদা অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ধূম উত্থিত হয়।

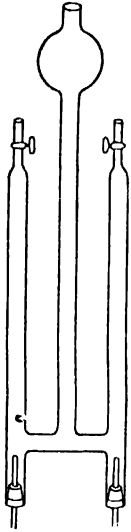
হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি: সাংশ্লেষিক ও বৈশ্লেষিক পদ্ধতিতে ইহার আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করা যায়।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতি:—দুইটি প্রান্তেই স্টপকক যুক্ত ও একটি তিনমুখী স্টপকক দ্বারা সম-আয়তনে দুই অংশে বিভক্ত একটি কাচের নল (চিত্র—৬৫) লওয়া হয়।

প্রান্তের স্টপকক খুলিয়া তিনমুখী স্টপককের সাহায্যে ইহার এক অংশ হাইড্রোজেন ও অপর অংশ ক্লোরিণ গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া স্টপককগুলি প্রথমে বন্ধ করা হয়। অতঃপর মধ্যের তিনমুখী স্টপককটির সাহায্যে দুই অংশের মধ্যে সংযোগ সাধন করিয়া কাচের নলটি ঘরের মধ্যের ব্যাপ্ত আলোকে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মধ্যে বিক্রিয়া হইয়া হাইড্রোজেনক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া গেলে এই নলের এক প্রান্ত পারদের মধ্যে ডুবাইয়া ও নলটি খাড়া ভাবে ধরিয়া সেই দিকের স্টপককটি খুলিলে পারদ নলের ভিতরে উঠিয়া আসে না বা কোন গ্যাস বাহির হইয়া যায় না। তার পর মুক্ত স্টপককটি বন্ধ করিয়া আবার ঐভাবে পরীক্ষাটি জলের সহিত চালাইলে জল অবিলম্বে উপরের দিকে উঠিয়া নলটি সম্পূর্ণরূপে ভর্তি করিয়া ফেলে। পারদ ও জলের সহিত এইরূপ পরীক্ষার ফল স্বরূপ বলা যাইতে পারে যে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের আয়তনের সমষ্টির সমান। অর্থাৎ সম আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের রাসায়নিক সংযোগে তাহাদের সম্মিলিত আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

চিত্র—৬৫

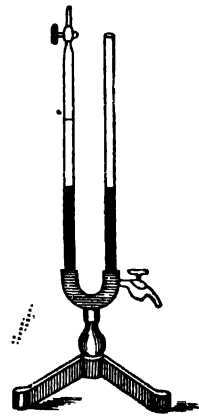
বৈশ্লেষিক পদ্ধতিঃ (ক) হফ্‌ম্যান যন্ত্রে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণঃ—তিন বাহু বিশিষ্ট কাচের একটি ভল্টামিটার যন্ত্র (Voltameter) (চিত্র-৬৬) ব্যবহার করা হয়। পার্শ্ব-বাহু দুইটি স্টপককযুক্ত ও মধ্যবর্তী বাহুটি ফানেল যুক্ত থাকে। ঐ বাহু দুইটির নীচের মুখে ছিপির সাহায্যে দুইটি গ্যাস কারবনের তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করান থাকে। পার্শ্বের বাহু দুইটির স্টপকক খুলিয়া রাখিয়া ও মধ্যবর্তী বাহুর ফানেলের ভিতরে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া পার্শ্ব-বাহু দুইটি উহার দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি করা হয়। তারপর তড়িৎ-দ্বার দুইটি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া অ্যাসিডের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। অ্যাসিড তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ উৎপাদন করে।

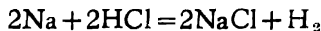
$$2HCl = H_2 + Cl_2$$

যে বাহুর কারবন-দণ্ড ব্যাটারীর অপরা মেরুর সহিত সংযুক্ত থাকে অর্থাৎ ক্যাথোডরূপে ক্রিয়া করে সেখানে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া খোলা স্টপককের

ভিতর দিয়া বাহিরে চলিয়া যায়। অপর বাহুর কারবন-দণ্ড অ্যানোডরূপে ক্রিয়া করায় সেখানে উৎপন্ন ক্লোরিণের বেশীর ভাগই প্রথমে জলে দ্রবীভূত হয় ও তাহার সামান্য অংশ খোলা স্টপককের ভিতর দিয়া বাহিরে চলিয়া যায়। এই ভাবে ক্রমাগত ক্লোরিণ দ্রবীভূত হওয়ার ফলে অবশেষে ঐ বাহুর জল ক্লোরিণ দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া যায়। তখন পার্শ্ব-বাহু দুইটি অ্যাসিড দ্বারা ভর্তি অবস্থায় রাখিয়া উহাদের স্টপকক দুইটি বন্ধ করা হয়। তারপর কিছু সময় অতিবাহিত হইবার পর দেখা যায় যে ক্যাথোড ও অ্যানোড-কক্ষে যথাক্রমে সঞ্চিত হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের আয়তন সমান। এই পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ পাওয়া যায় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ দ্বারা গঠিত। কিন্তু এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন জানা যায় না।

চিত্র—৬৬

(খ) এই পরীক্ষায় প্রমাণ করা হয় যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে তাহার অর্ধেক আয়তনের হাইড্রোজেন বিদ্যমান। ইহাতে একটি U-আকৃতির কাচের নল ব্যবহার করা হয়। এই নলের একটি মুখ স্টপকক দ্বারা বন্ধ ও অপর মুখ খোলা। খোলা বাহুর নীচের অংশে স্টপকক যুক্ত একটি নির্গম নল থাকে (চিত্র-৬৭)। বন্ধ বাহুর স্টপকক খোলা ও খোলা বাহুর স্টপকক বন্ধ রাখিয়া প্রথমে পারদ দ্বারা নলটি সম্পূর্ণরূপে ভর্তি করা হয়। তারপর খোলা বাহুর স্টপকক খুলিয়া পারদ বাহির করিয়া বন্ধ বাহুতে কিছু অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রবেশ করান হয়। পরে স্টপকক দুইটি বন্ধ করিয়া ও দুই বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া বন্ধ বাহুতে সংগৃহীত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনকে রবার বা সুতার বলয় দ্বারা দুইটি সমান অংশে

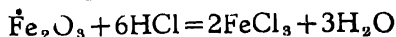
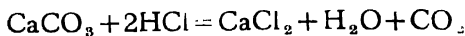
চিত্র—৬৭

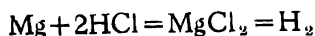
ভাগ করা হয়। তখন খোলা বাহুতে কিছু সোডিয়মের তরল পারদসংকর লইবার পর ঐ বাহুটি সম্পূর্ণরূপে পারদদ্বারা ভর্তি করা হয়। তারপর উহার খোলা মুখ

একটি রবারের ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এক বাহু হইতে অন্য বাহুতে পুনঃ পুনঃ লওয়া হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও সোডিয়মের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া কঠিন ও নগণ্য আয়তনের সোডিয়ম ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$2Na+2HCl=2NaCl+H_2$$

এই বিক্রিয়াটি শেষ হইয়াছে এইরূপ অনুমিত হইবার পর হাইড্রোজেন বদ্ধ বাহুতে লইয়া যাওয়া হয়। তারপর খোলা বাহুর মুখ হইতে রবারের ছিপি তুলিয়া লইয়া দুই বাহুর পারদ সমতলে আনা হয়। এই অবস্থায় বদ্ধ বাহুর পারদের উপরিতল রবার বলয়ের সমান তলে থাকিতে দেখা যায় ; অর্থাৎ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনের অর্দ্ধেক। কিন্তু হফম্যান যন্ত্রের সাহায্যে প্রমাণ পাওয়া যায় যে একই আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে তাহার অর্ধেক আয়তনের হাইড্রোজেন ও অর্ধেক আয়তনের ক্লোরিণ বিদ্যমান।

ক্লোরাইড ঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গুণ বর্ণনা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে ইহা একটি এক ক্ষারীয় অ্যাসিড ও ইহার লবণ ক্লোরাইড নামে অভিহিত। সিলভার লেড, মারকিউরাস ও কিউপ্রাস ক্লোরাইড ভিন্ন অন্যান্য ক্লোরাইড জলে দ্রবণীয়। লেডক্লোরাইড গরম জলে দ্রবণীয়।

ধাতব কারবনেট. অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$
$$Fe_2O_3+6HCl=2FeCl_3+3H_2O$$

কোন কোন ধাতুর উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতেও ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$Mg+2HCl=MgCl_2=H_2$$

সোডিয়ম ক্লোরাইড (NaCl) ঃ খাদ্য-লবণ ঃ—কঠিন অবস্থায় খনিজ লবণ (Rock-salt) রূপে ও সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত অবস্থায় ইহাকে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায়। খনিজ লবণকে খনি হইতে তুলিয়া আনিয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করা হয়। এইরূপে প্রস্তুত জলীয় দ্রব থিতান পদ্ধতিতে অদ্রাব্য পদার্থ হইতে মুক্ত করিয়া বাতাসে রাখিয়া দিলে সময়ে জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় ও সোডিয়ম ক্লোরাইডের কেলাস পড়িয়া থাকে।

এই একই পদ্ধতিতে সমুদ্রের জল হইতে অশোধিত খাদ্যলবণ প্রস্তুত করা হয়। সমুদ্রতটে সিমেন্টের তলদেশযুক্ত উন্মুক্ত ও অগভীর জলাধারে সমুদ্রের জল আবদ্ধ রাখিলে সময়ে জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় ও অবিশুদ্ধ খাদ্যলবণ তলদেশে পড়িয়া থাকে।

বাজারে প্রাপ্ত খাদ্যলবণে সাধারণতঃ অপদ্রব্যরূপে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইড থাকে। সুতরাং ইহা জলাকর্ষী। ইহা হইতে **বিশুদ্ধ সোডিয়ম ক্লোরাইড** তৈয়ারি করিতে হইলে ইহার সংপৃক্ত জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড চালিত করিতে হয়। এই প্রক্রিয়ায় সোডিয়ম ক্লোরাইড কঠিন অবস্থায় অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের ক্লোরাইড দ্রবীভূত অবস্থাতেই থাকিয়া যায়। তারপর পরিস্রাবণ দ্বারা সোডিয়ম ক্লোরাইড পৃথক করিয়া উহাকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করিতে হয়। তারপর তাহাকে প্রচণ্ড-ভাবে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মুক্ত ও অনার্দ্র করা হয়।

ব্যবহারিক প্রয়োগ : সোডিয়ম ও তাহার যৌগ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ক্লোরিণ প্রস্তুতিতে সোডিয়মক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। ইহা খাদ্যের একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। দুগ্ধজাত খাদ্য ব্যতীত অন্যান্য খাদ্য ইহার অভাবে বিস্বাদ লাগে। মাংস ও মাছ সংরক্ষণ করিতে ইহার প্রয়োজন হয়। পোরসিলেনের পাত্রের চিক্কনলেপ (Glaze) উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়। চিকিৎসা ক্ষেত্রেও ইহার দ্রবের প্রয়োগ আছে।

ক্লোরিণ

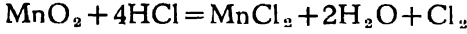
সংকেত, Cl_2। পারমাণবিক গুরুত্ব, 35·5।

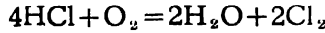
অবস্থান : মুক্ত অবস্থায় ইহাকে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায় না। কিন্তু ক্লোরাইডরূপে ধাতুর সহিত যুক্ত অবস্থায়, প্রধানতঃ খনিজ লবণে (Rock salt) ও সমুদ্রের জলে সোডিয়ম ক্লোরাইডরূপে (Sodium chloride) সিলভাইন খনিজে (Sylvine) পটাসিয়ম ক্লোরাইড (KCl) রূপে ও কার্নালাইটে (Carnallite) পটাসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের যুক্তক্লোরাইডরূপে ($KCl, MgCl_2, 6H_2O$) ইহা প্রকৃতিতে বহুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গুণ প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে ইহাকে জারিত করিলে ক্লোরিণ ও জল উৎপন্ন হয়। এই সম্পর্কে ইহা উল্লেখ করা প্রয়োজন যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিলেও একই ফল পাওয়া যায়।

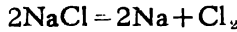
ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড জারক দ্রব্যরূপে ব্যবহার করিলে উত্তাপের প্রয়োজন হয় কিন্তু পটাসিয়ম পারমাঙ্গানেটের জারক দ্রব্যরূপে ব্যবহারে উত্তাপের প্রয়োজন হয় না।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$$

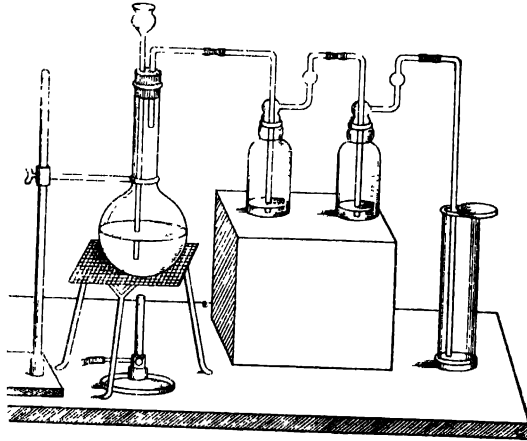
$$2KMnO_4+16HCl=2MnCl_2+2KCl+8H_2O+5Cl_2$$

কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অনুঘটকরূপে অবস্থিতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উষ্ণ অবস্থায় বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া জল ও ক্লোরিণ উৎপাদন করে। এই কার্যক্রম ক্লোরিণ উৎপাদনের ডিকন-পদ্ধতিতে অবলম্বন করা হয়।

$$4HCl+O_2=2H_2O+2Cl_2$$

হফম্যান যন্ত্রের সাহায্যে বৈশ্লেষিক পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আয়তন সংযুতির আংশিক নির্দ্ধারণ সম্পর্কে বলা হইয়াছে যে, দুইটি গ্যাস-কারবন নির্মিত তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে তড়িদ্-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপাদিত হয় (২১৪ পৃষ্ঠা)। কাচের একটি U-নল ব্যবহার করিয়া এই পরীক্ষা সম্পন্ন করা যাইতে পারে।

গ্যাস-কারবন বা গ্রাফাইটের অ্যানোড ব্যবহার করিয়া সোডিয়ম ক্লোরাইড গলিত বা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িদ্ বিশ্লেষণ করিলেও অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

$$2NaCl=2Na+Cl_2$$

এই প্রক্রিয়া অবলম্বনে যথাক্রমে সোডিয়ম ও সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড পণ্য-পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়। পরে এই দুইটি বস্তু-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি আলোচনা করা হইবে।

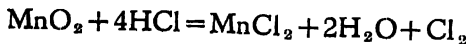
ক্লোরিণ প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি: (১) একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গম-নল যুক্ত কূপীতে কিছু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের চূর্ণ লইয়া নির্গম-নলটি পরস্পরসংলগ্ন দুইটি প্রক্ষালন-বোতলের একটির সহিত যুক্ত করা হয়। যে প্রক্ষালন-বোতলের সহিত নির্গম-নল যুক্ত করা হয় তাহাতে জল ও তাহার সহিত সংলগ্ন অপর বোতলটিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। দ্বিতীয় বোতলটির সহিত আর একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া তাহার অপর প্রান্ত একটি গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করান থাকে (চিত্র—৬৮) তারপর দীর্ঘনাল ফানেলের ভিতর দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কূপীর মধ্যে ঢালিয়া দেওয়া হয়। কূপীমধ্যস্থিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্র মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিলে ঐ দুই বস্তুর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া ক্লোরিণ উৎপন্ন হয় কিন্তু উহাতে সামান্য

পরিমাণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে। ঐ গ্যাসীয় মিশ্র প্রথম প্রক্ষালন-বোতলের ভিতর দিয়া চালিত হইবার সময় উহার মধ্যস্থিত জল হাইড্রোজেন

চিত্র—৬৮

ক্লোরাইডকে দ্রবীভূত করে কিন্তু উহা হইতে বহির্গত ক্লোরিণ আর্দ্র অবস্থায় থাকে উহা দ্বিতীয় বোতলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় অনার্দ্র হয়। তারপর গ্যাসজারের মধ্যে বাতাসের ঊর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা উহা সংগৃহীত হয়।

(২) কূপীতে দীর্ঘনাল ফানেলের পরিবর্তে বিন্দুপাতী ফানেল খাটাইয়া ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে পটাসিয়ম পারমাঙ্গানেট লইয়া তাহার উপর ফানেল হইতে তাহার স্টপকক ঈষদ্ উন্মুক্ত করিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিলে বিনা উত্তাপে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে বিনা আয়াসে ক্লোরিণ উৎপাদিত করা হয়।

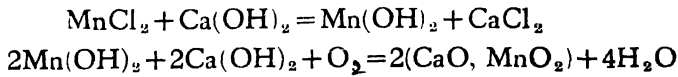
ক্লোরিণ প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি: (১) ওয়েলডনের পুনরুদ্ধার প্রণালী (Weldon's Recovery Process) :—ক্লোরিণ প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড উপজাত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

এইরূপে উৎপন্ন ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডকে ওয়েলডন প্রণালীতে চুনগোলা, স্টীম ও বাতাসের সাহায্যে ক্যালসিয়ম ম্যাঙ্গানাইট নামক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের এক

প্রকার জারক পদার্থে রূপান্তরিত করা হয় বলিয়া এই প্রণালীকে পুনরুদ্ধার প্রণালী বলা হয়।

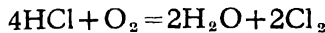
পাইরোলুসাইট নামক খনিজ পদার্থে শতকরা ৯০ ভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ১০ ভাগ ফেরিক অক্সাইড থাকে। ইহা গুঁড়া করিয়া বিশেষ ধরনের পাথরের পাত্রে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উচ্চ চাপের স্টীম দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন ক্লোরিণ একটি নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহিরে লইয়া যাওয়া হয় এবং ম্যাঙ্গানাস ও ফেরিক ক্লোরাইডের অম্লিকদ্রব একটি চৌবাচ্চায় স্থানান্তরিত করিয়া চুনা পাথরের সহিত আলোড়িত করা হয়। তখন অ্যাসিড প্রশমিত হইয়া যায় ও ফেরিক ক্লোরাইড ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। তারপর অদ্রাব্য গাদকে থিতাইবার সময় দিয়া এবং উপরের ম্যাঙ্গানাস ও ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের পরিষ্কার দ্রব বেলনাকার একটি পাত্রে লইয়া গিয়া অধিক পরিমাণ চুন-গোলার সহিত মিশান হয়। তখন ঐ মিশ্রের ভিতরে স্টীম চালনা করিয়া উহাকে 60°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। ঐ অবস্থায় উহার ভিতরে বায়ুস্রোত প্রবিষ্ট করাইলে কাল রংএর ক্যালসিয়ম ম্যাঙ্গানাইট কর্দমাকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ওয়েলডন-কর্দম বলে। এই প্রণালীতে যে সমস্ত বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা নিম্নে দেওয়া হইল :

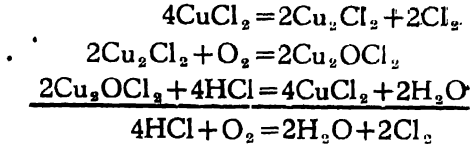
$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

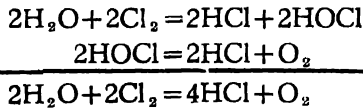
$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2(CaO, MnO_2) + 4H_2O$$

এইরূপে উৎপাদিত ক্যালসিয়ম ম্যাঙ্গানাইট ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে ব্যবহার করিয়া আরও অধিক পরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করা হয়।

$$CaO, MnO_2 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + 3H_2O + Cl_2$$

(2) ডিকন-পদ্ধতি (**Deacon's Process**) : এই পদ্ধতিতে কিউপ্রাস ক্লোরাইড অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া এবং 450°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিণ উৎপাদন করা হয় :

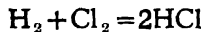
$$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত উহার চারিগুণ আয়তনের বাতাস মিশাইয়া প্রথমে 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তারপর এই আংশিক উত্তপ্ত গ্যাসীয় মিশ্র 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত জারণ-প্রকোষ্ঠে চালনা করা হয়—যেখানে পূর্বেই কিউপ্রিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে সিক্ত সরন্ধ্র ইটের টুকরা রক্ষিত থাকে। এই পদ্ধতিতে যে সমস্ত বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা নিম্নে প্রদত্ত হইল :

$$4CuCl_2 = 2Cu_2Cl_2 + 2Cl_2$$
$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$$
$$2Cu_2OCl_2 + 4HCl = 4CuCl_2 + 2H_2O$$
$$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$$

গুণ: ক্লোরিণ একটি হরিতাভ নীলবর্ণের গ্যাস। ইহার একটি প্রদাহউৎপাদক বিশিষ্ট গন্ধ আছে। ইহা বিষাক্ত ও ইহার দ্বারা গলার ও নাকের শ্লৈষ্মিক ঝিল্লি আক্রান্ত হয়। ইহা বাতাস অপেক্ষা প্রায় 2·5 গুণ ভারী। ইহাকে সহজেই তরল করা যায়। ইহা পরিমিত পরিমাণে জলে দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রবকে ক্লোরিণ জল বলে। ক্লোরিণ জল তীব্র ক্লোরিণের গন্ধ ছাড়ে। ক্লোরিণ জল রৌদ্রে রাখিলে প্রথমে ক্লোরিণ ও জলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পরে অস্থায়ী হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও অক্সিজেন উৎপাদন করে। সুতরাং ক্লোরিণ জল রৌদ্রে রাখিলে শেষ ফলস্বরূপ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপাদিত হয়।

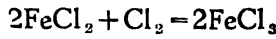
$$2H_2O + 2Cl_2 = 2HCl + 2HOCl$$
$$2HOCl = 2HCl + O_2$$
$$2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2$$

বরফের টুকরা ও খাদ্য-লবণ একত্র মিশাইয়া প্রস্তুত হিম-মিশ্রে (Freezing mixture) ক্লোরিণ জল ঠাণ্ডা করিলে উহা জমিয়া কেলাসিত কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। উহাকে ক্লোরিণ-হাইড্রেট (Chlorine hydrate—Cl_2, $10H_2O$) বলে।

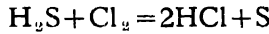
ক্লোরিণের রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত বেশী। ইহা দাহ্য নহে। ইহা ফসফরস, অ্যান্টিমনি, সোডিয়ম, তাম্র প্রভৃতি বহু পদার্থের দহনক্রিয়ার সহায়তা করে যাহার ফলে ঐ সমস্ত পদার্থের ক্লোরাইড উৎপাদিত হয়। সম্পূর্ণ অন্ধকারে ইহা হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া না করিলেও আলোতে ইহার হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত অধিক। ব্যাপ্তালোকে (Diffused light) ইহা হাইড্রোজেনের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে। প্রত্যক্ষ সূর্যকিরণে এই বিক্রিয়া বিস্ফোরণের সহিত সংঘটিত হয়।

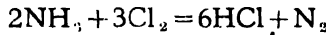
হাইড্রোজেনের একটি জ্বলন্ত শিখা একজার ক্লোরিণের ভিতর প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে।

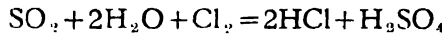
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

ইহার হাইড্রোজেন-আসক্তি এত বেশী যে ইহা বহু হাইড্রোজেন প্রধান যৌগের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে।

ইহা একটি ভাল জারক দ্রব্য। ইহা ফেরাস লবণ জারিত করিয়া ফেরিক লবণে পরিণত করে।

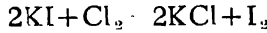
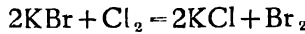
$$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$$

ইহা সালফারেটেড হাইড্রোজেনের গন্ধক স্থানচ্যুত করিয়া হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় ও সেইজন্য নিজে বিজারিত হইয়া ও গন্ধ জারিত করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও গন্ধক উৎপাদন করে।

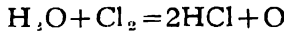
$$H_2S+Cl_2=2HCl+S$$

অ্যামোনিয়ার সহিত ইহার বিক্রিয়া একই প্রকার :

$$2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$$

ইহা জলের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত করে এবং এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$SO_2+2H_2O+Cl_2=2HCl+H_2SO_4$$

ইহার ক্রিয়ায় ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত হইয়া পড়ে।

$$2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$$

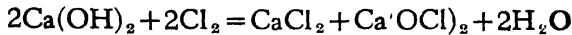
$$2KI+Cl_2=2KCl+I_2$$

জলসিক্ত রঙ্গীন উদ্ভিজ্জ পদার্থ ইহা বিরঞ্জিত করে। এই বিরঞ্জন ক্রিয়ায় ইহা অনুমান করা হয় যে ক্লোরিণ জলের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপাদন করে এবং এই জায়মান অক্সিজেন তাহার উৎপন্ন মুহূর্তে রঙ্গীন উদ্ভিজ্জ পদার্থকে জারিত করিয়া তাহাকে বিরঞ্জিত করে। সুতরাং ক্লোরিণ জারণ ক্রিয়ার দ্বারা বিরঞ্জিত করে।

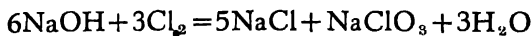
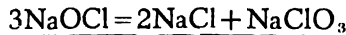
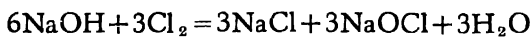
$$H_2O+Cl_2=2HCl+O$$

কিন্তু ছাপাখানায় ব্যবহৃত কালি ক্লোরিণ দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না কারণ ছাপার কালিতে ভুসা থাকে যাহার সহিত জায়মান অক্সিজেনের কোন বিক্রিয়া নাই।

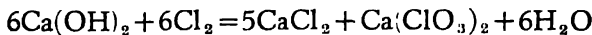
রেশম, পশম প্রভৃতি জৈব রঙ্গীন পদার্থ বিরঞ্জিত করিতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয় না। কারণ ক্লোরিণ ঐরূপ বস্তু নষ্ট করিয়া ফেলে।

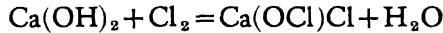
ক্ষারের উপর ইহার বিক্রিয়া বিশেষ লক্ষ্যণীয়। সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইডের লঘু ও ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ চালিত করিলে উহাদের ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট এবং জল উৎপন্ন হয়।

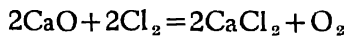
$$2NaOH+Cl_2=NaCl+NaOCl+H_2O$$

$$2KOH + Cl_2 = KCl + KOCl + H_2O$$
$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$
(চুনের জল)

কিন্তু সোডিয়ম ও পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইডের গরম ও গাঢ় জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ চালিত করিলে উৎপন্ন হাইপোক্লোরাইট বিযোজিত হইয়া ক্লোরেট ও ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$6NaOH + 3Cl_2 = 3NaCl + 3NaOCl + 3H_2O$$
$$\underline{3NaOCl = 2NaCl + NaClO_3}$$
$$6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

গরম চুন-গোলার ভিতরে ক্লোরিণ চালনা করিলে ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড, ক্লোরেট ও জল উৎপন্ন হয়ঃ

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

কিন্তু অনার্দ্র কলিচুনের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় বিরঞ্জক চূর্ণ (Bleaching powder) ও জল উৎপাদিত হয়।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

সাধারণ উষ্ণতায় বাখারি-চুনের সহিত ক্লোরিণ বিক্রিয়া করে না। কিন্তু লোহিত-তপ্ত উষ্ণতায় উহাদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটায় ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

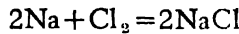
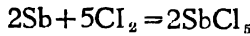
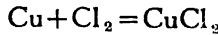
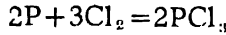
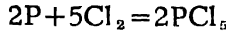
$$2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$$

পরিচায়ক পরীক্ষাঃ ইহার হরিতাভ পীতবর্ণ, প্রদাহ উৎপাদক বিশিষ্ট গন্ধ ও বিরঞ্জন ক্ষমতা ইহার স্বরূপ প্রকাশ করে। আয়োডাইডযুক্ত শ্বেতসার-কাগজ ইহার সংস্পর্শে নীল বর্ণের হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ কাগজ ও বয়ন শিল্পে ইহা বিরঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয় বিরঞ্জক চূর্ণ, ক্লোরোফর্ম, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ব্রোমিন এবং অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইড প্রভৃতি অনেক ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার করিতে হয়।

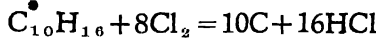
ফসজেন্ গ্যাস, মাষ্টার্ড গ্যাস প্রভৃতি বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতিতেও ইহার প্রয়োগ আছে।

বীজঘ্নরূপে ইহা অনেক সময় ব্যবহৃত হয়। কলেরা নামক সংক্রামক ব্যাধির প্রাদুর্ভাবে জীবাণুনাশকরূপে ইহা স্বল্প পরিমাণে পানীয় জলে মিশ্রিত করা হয়।

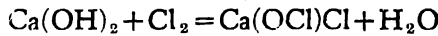
গুণ প্রদর্শক পরীক্ষা ঃ (১) ক্লোরিণের সংস্পর্শে কোন কোন মৌলে আগুন ধরিয়া যায়। উজ্জ্বলন-চামচে এক টুকরা ফসফরস, ডাচ ধাতুর পাতলা পাত, অ্যান্টিমনিচূর্ণ ও গলিত সোডিয়ম লইয়া বিভিন্ন ক্লোরিণ-জারে প্রবেশ করাইলে উহারা জ্বলিয়া ওঠে।

$$2P+5Cl_2=2PCl_5$$
$$2P+3Cl_2=2PCl_3$$
$$Cu+Cl_2=CuCl_2$$
$$2Sb+5Cl_2=2SbCl_5$$
$$2Na+Cl_2=2NaCl$$

(২) ইহা হাইড্রোজেন প্রধান যৌগের সহিত বিক্রিয়া করে।

জ্বলন্ত মোমবাতি ইহার মধ্যে ভুসাযুক্ত শিখার সহিত জ্বলিতেই থাকে ও এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ভুসা উৎপাদিত হয়। তার্পিণ তৈলসিক্ত ফিলটার কাগজের টুকরা ইহার মধ্যে নিক্ষেপ করিলে কিছু সময়ের মধ্যেই তাহা জ্বলিয়া ওঠে ও ভুসা ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

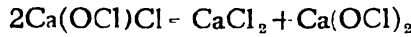
$$C_{10}H_{16}+8Cl_2=10C+16HCl$$

বিরঞ্জক চূর্ণ (Bleaching Powder)

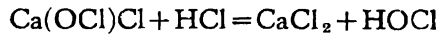
প্রস্তুতি ঃ বায়ুরোধক সীসা নির্মিত প্রকোষ্ঠের কংক্রীটের মেঝেতে প্রায় তিন ইঞ্চি পুরু কলি-চুনের চূর্ণ রাখিয়া একটি প্রবেশ-নলের সাহায্যে উহার মধ্যে 35°-40°C উষ্ণতায় অনার্দ্র ও কারবন ডাই-অক্সাইডমুক্ত ক্লোরিণ গ্যাস চালিত করা হয়। চুন ও ক্লোরিণের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটায় বিরঞ্জক চূর্ণ উৎপাদিত হয় :

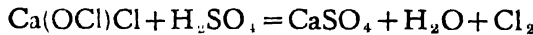
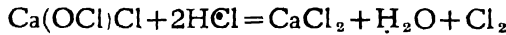
$$Ca(OH)_2+Cl_2=Ca(OCl)Cl+H_2O$$

প্রথমে বিক্রিয়াটি দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হইলেও ক্রমে উহার হার কমিয়া আসে —যাহা ঐ প্রকোষ্ঠের কাচের জানালা দিয়া ভিতরের রং দেখিয়া জানা যায়। তখন বিশেষ ব্যবস্থা দ্বারা ভিতরের চূর্ণ আঁচড়াইয়া উহার নূতন অংশ ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ার জন্য উন্মুক্ত করা হয় এবং আরও ক্লোরিণ প্রকোষ্ঠের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। এইভাবে 24 ঘণ্টা কার্য চালাইয়া বিক্রিয়াটি শেষ করা হয়। কিন্তু উৎপন্ন বিরঞ্জক চূর্ণ বাহিরে আনিবার পূর্বে কিছু কলিচুনের গুঁড়া প্রকোষ্ঠ মধ্যে ছিটাইয়া অবশিষ্ট ক্লোরিণ শোষিত করা হয়। তারপর নির্গম-দ্বার দিয়া চূর্ণ বাহির করিয়া এবং বায়ুরোধক পাত্রে ভরিয়া উহা চালান দেওয়া হয়।

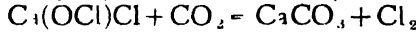
গুণ ঃ বিরঞ্জক চূর্ণ একটি অনিয়তাকার সাদা ও গুড়া পদার্থ। বাতাসে উন্মুক্ত

অবস্থায় ইহা হইতে ক্লোরিণের গন্ধ উত্থিত হয়। ইহা জলে দ্রবণীয়। এইরূপ দ্রবীভূত অবস্থায় ইহা বিযোজিত হইয়া ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইটে পরিণত হয়।

$$2Ca(OCl)Cl = CaCl_2 + Ca(OCl)_2$$

মৃদু অ্যাসিড ও খনিজ অ্যাসিডের অতি লঘু দ্রব সহযোগে ইহা হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপাদিত করে।

$$Ca(OCl)Cl + HCl = CaCl_2 + HOCl$$

কিন্তু সাধারণ মাত্রার হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা হইতে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$$
$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$

বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় ইহা কারবন ডাই-অক্সাইড দ্বারা আক্রান্ত হয়

$$Ca(OCl)Cl + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2$$

এই কারণেই বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় ইহা হইতে ক্লোরিণের গন্ধ পাওয়া যায়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : বিরঞ্জক চূর্ণ জীবাণু নাশকরূপে পানীয় জল শোধনে, হাসপাতালে ও নর্দামা প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়। ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ইহার প্রধান ব্যবহার কাগজমণ্ড, তুলা ও বস্ত্রাদি বিরঞ্জনে।

বিরঞ্জন পদ্ধতি : বস্ত্রাদি বিরঞ্জন চূর্ণ দ্বারা পরিষ্কার করিতে হইলে উহাকে তৈল ও চর্বি জাতীয় পদার্থ হইতে মুক্ত করিতে প্রথমে কস্টিক সোডার লঘু জলীয় দ্রবে ফুটান হয়। তারপর উহাকে জলদ্বারা বেশ করিয়া ধুইয়া বিরঞ্জক চূর্ণের দ্রবে ভিজাইয়া লইতে হয়। পরে উহাকে বাতাসে শুকাইয়া আবার অতিলঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের কিংবা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের দ্রবে ভিজাইতে হয়। এইরূপ প্রক্রিয়ায় বিরঞ্জক চূর্ণ হইতে ক্লোরিণ নির্গত হইয়া বিরঞ্জন ক্রিয়া সমাধা করে। তারপর উহাকে সোডিয়ম সালফাইটের দ্রবে ধুইয়া সর্বশেষে জল দ্বারা বেশ করিয়া ধুইয়া লইতে হয়।

বিরঞ্জন চূর্ণের সংকেত : পূর্বে বিরঞ্জক চূর্ণকে সম-পরিমাণ ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইটের মিশ্র বলিয়া মনে করা হইত। কিন্তু ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড অত্যন্ত জলাকর্ষী ও অ্যাল্‌কোহলে দ্রবণীয়; উহার ক্লোরিণ কারবন ডাই-অক্সাইড বা মৃদু অ্যাসিড দ্বারা স্থানচ্যুত করা যায় না। অপর পক্ষে বিরঞ্জক চূর্ণের ঐ সমস্ত গুণ নাই। এই কারণে অড্‌লিং (Odling) প্রদত্ত নিম্নোক্ত সংকেতই বিরঞ্জক চূর্ণের সংকেতরূপে গৃহীত হইয়াছে।

$$Ca(OCl)Cl$$

ফ্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন

ফ্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন হ্যালোজেন পরিবারের অপর তিনটি মৌল। ফ্লোরিণ এই পরিবারের আদি মৌল হইলেও ইহা সর্বাপেক্ষা ক্রিয়াশীল হওয়ায় ইহাদের মধ্যে সর্বশেষে মুক্ত অবস্থায় উৎপাদিত হইয়াছে। ফরাসী রসায়নবিদ্ ময়সাঁ বহু চেষ্টার পর ১৮৮৬ খ্রীষ্টাব্দে ইহা প্রস্তুত করিতে সক্ষম হইয়াছিলেন। প্লাস্টিক শিল্পে ইহা এক্ষণে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের হাইড্রোজেনাসক্তি কমিয়া যায়। সুতরাং ফ্লোরিণের হাইড্রোজেনাসক্তি সর্বাধিক ও আয়োডিনের ঐ আসক্তি সর্বাপেক্ষা অল্প।

ক্লোরিণের ন্যায় ইহারও হাইড্রোজেন সহযোগে যথাক্রমে হাইড্রোফ্লোরিক হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড নামক তিনটি এক ক্ষারীয় অ্যাসিড উৎপাদন করিয়া থাকে।

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ কাচ খোদাই কার্যে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। প্রথমে কাচের দ্রব্য বা যন্ত্র মোমের প্রলেপ দ্বারা ঢাকিয়া ও তাহার উপর তীক্ষ্ণ মুখ দণ্ড দ্বারা আঁচড় কাটিয়া ঐ অংশ হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা কিছুক্ষণ ভিজাইয়া রাখিতে হয়। পরে উহা জল দ্বারা ধুইয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে মোম গলিয়া যায় ও কাচের উপর হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় উৎপন্ন খোদাই বাহির হইয়া পড়ে। মদ প্রস্তুত শিল্পে বীজবারক হিসাবে ইহার লবণ সোডিয়ম ফ্লোরাইডের (NaF) ব্যবহার আছে। সোডিয়ম ও জিঙ্ক ফ্লোরাইড কাষ্ঠশিল্পে ব্যলহৃত হয়।

আয়োডিনের ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ কোন কোন ঔষধ ও রঞ্জক, আয়োডোফর্ম এবং পটাসিয়ম আয়োডাইড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। বীজবারক ও বীজঘ্নরূপে টিংচার আয়োডিন বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। জৈব রসায়নের অনেক বিক্রিয়ায় মৃদু জারকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্নমালা

১। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই যৌগের প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য কি? হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি কিভাবে নির্ণয় করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

৩। পরীক্ষাগারে কিভাবে ক্লোরিণ সাধারণতঃ প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

৪। এমন কতকগুলি পরীক্ষার বর্ণনা দাও যাহার দ্বারা ক্লোরিণের প্রধান প্রধান গুণ প্রকাশ পায়।

৫। নিম্নোক্ত দ্রব্যগুলির মধ্য দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালিত করিলে কি কি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে সমীকরণ সহ তাহা উল্লেখ কর : (১) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রব ; (২) কলি চুন ; (৩) সালফারেটেড হাইড্রোজেন ; (৪) কস্টিক সোডার গাঢ় ও গরম জলীয় দ্রব ; (৫) ফেরাস ক্লোরাইডের জলীয় দ্রব।

৬। বর্তমানে কিভাবে পণ্যরূপে ক্লোরিণ প্রস্তুত করা হয় ও উহার প্রধান প্রধান ব্যবহারিক প্রয়োগই বা কি ?

৭। বিরঞ্জকচূর্ণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কি কি প্রয়োজনে উহা ব্যবহৃত হয়? উহার সংকেত কি ?

৮। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও আয়োডিনের ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি ?

চতুর্বিংশ অধ্যায়

গন্ধক ও তাহার যৌগসমূহ

গন্ধক (Sulphur)

প্রতীক, S। পারমাণবিক গুরুত্ব, 32।

অতি প্রাচীনকাল হইতে ভারতবর্ষে গন্ধকের নিষ্কাশন ও প্রয়োগ জানা ছিল। কবিরাজী ঔষধ প্রস্তুতিতে ও অন্যবিধ-শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হইত। ভারতবর্ষে গন্ধকের অনেক খনিজ যৌগ থাকিলেও মুক্ত অবস্থায় গন্ধকের অবস্থিতি লক্ষিত হয় না।

অবস্থান : সিসিলি ও জাপানের আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে, যুক্তরাষ্ট্র, মেক্সিকো প্রভৃতি দেশে গন্ধক মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ধাতুর সহিত যুক্ত অবস্থার সালফাইডরূপে ইহা বহুল পরিমাণে প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায়—(ক) লৌহ-মাক্ষিক (Iron-pyrites, FeS_2), (খ) তাম্র-মাক্ষিক (Copper-pyrites, $CuFeS_2$), (গ) গ্যালেনা বা সীসাঞ্জন (Galena, PbS), (ঘ) হিঙ্গুল (Cinnabar, HgS) ও (ঙ) জিঙ্ক ব্লেণ্ড (Zinc blende, ZnS)। ধাতু ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত অবস্থায় সালফেট রূপেও ইহা প্রকৃতিতে অবস্থান করে—(১) জিপসম (Gypsum, $CaSO_4, 2H_2O$), (২) কাইসেরাইট (Kieserite, $MgSO_4, H_2O$) ইত্যাদি।

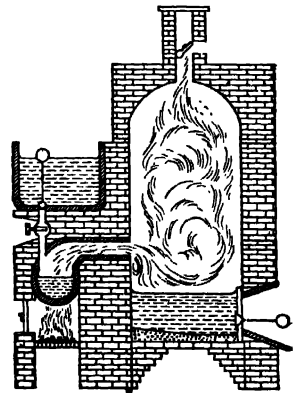
পাখার ডিমের সাদা অংশ অ্যালবুমিনে ও অপর কোন কোন প্রোটিন জাতীয় জৈব পদার্থে, সরিষা, পেঁয়াজ ও রসুনে গন্ধক যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান।

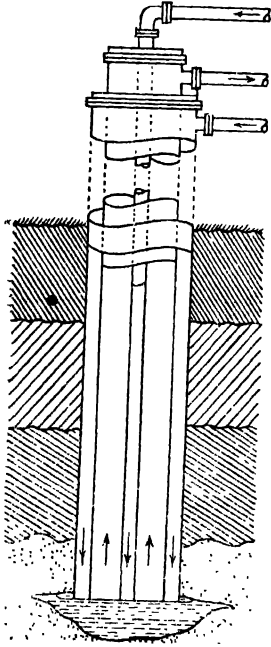
গন্ধক নিষ্কাশন : মৌলরূপে গন্ধক প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে অবস্থান করায় প্রাকৃতিক গন্ধকই পণ্য হিসাবে গন্ধক উৎপাদনের একমাত্র কাঁচা মাল। গন্ধক নিষ্কাশনের দুইটি পদ্ধতি আছে—(১) **সিসিলীয়** ও (২) **মার্কিনী**।

(১) **সিসিলীয় পদ্ধতি :** সিসিলি দ্বীপে প্রাপ্ত প্রাকৃতিক গন্ধকে, মাটি, চুনা-পাথর, জিপসম প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। তাহাতে গন্ধকের পরিমাণ শতকরা প্রায় 20-25 ভাগ। প্রথমে বিগলন পদ্ধতিতে ইহাকে আংশিকভাবে অপদ্রব্য মুক্ত করা হয়। পাহাড়ের গায়ে নির্মিত, ঢালু মেঝেযুক্ত ক্যালক্যারোণী (calcaroni) নামক ইটের বড় বড় গোলাকার ভাটিতে প্রাকৃতিক গন্ধক স্তূপীকৃত করিয়া উহার উপরের দিকে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে এক-তৃতীয়াংশ গন্ধক পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইডরূপে চলিয়া যায়। কিন্তু গন্ধক পুড়িবার সময় বিকীর্ণ তাপে গন্ধকের অবশিষ্টাংশ গলিয়া ঢালু মেঝের উপর দিয়া গড়াইয়া নীচে অবস্থিত চৌবাচ্চায় জমা হয়।

কিন্তু এই পদ্ধতিতে এক-তৃতীয়াংশ গন্ধক অপচয়িত হয়। এই অপচয় দূর করিবার জন্য বর্তমানে গিল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। ইহাতে সারি সারি পরস্পর-সংলগ্ন বদ্ধ প্রকোষ্ঠে প্রাকৃতিক গন্ধক স্তূপীকৃত করিয়া উত্তপ্ত গ্যাস, প্রকোষ্ঠ হইতে প্রকোষ্ঠান্তরে চালিত করা হয় এবং তাহাতে গন্ধক গলিয়া অপদ্রব্য হইতে পৃথক হইয়া যায়।

এইরূপে প্রাপ্ত অশোধিত গন্ধক পাতনক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। প্রথমে ইহাকে অপেক্ষাকৃত উচ্চে অবস্থিত একটি লৌহ-পাত্রে গলাইয়া পাত্র-সংলগ্ন নলের সাহায্যে নিম্নস্থিত লৌহ-বকযন্ত্রে আনা হয়। বকযন্ত্রটি জ্বালানি পোড়াইয়া উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যস্থিত গলিত গন্ধক ফুটান হয়। বকযন্ত্রটির মুখ ইটের একটি প্রকাণ্ড বদ্ধ প্রকোষ্ঠের সহিত যুক্ত থাকায় গন্ধক-বাষ্প বকযন্ত্র হইতে ঐ প্রকোষ্ঠ মধ্যে নির্গত হয় (চিত্র—৬৯)। ঐ প্রকোষ্ঠের ভিতর গন্ধক-বাষ্প প্রথমে ঈষৎ পীতবর্ণের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকাকারে সঞ্চিত হয়। ঐ সমস্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গন্ধক কণিকাকে গন্ধকরজ বলে। কিন্তু কিছু সময়ের মধ্যেই ঐ প্রকোষ্ঠ উত্তপ্ত হইয়া ওঠে ; উহার উষ্ণতা 115°C-এর উপরে উঠিলে উহার মধ্যস্থিত গন্ধক-বাষ্প ঘনীভূত হইয়া মেঝের উপরে তরলাকারে

চিত্র—৬৯

সঞ্চিত হয়। তারপর তরল গন্ধক একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির করিয়া লইয়া বেলনাকারের ছাঁচে কঠিন করা হয়। ইহাই **বাতি-গন্ধক** (Roll-sulphur) নামে পরিচিত।

সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ গন্ধক প্রস্তুত করিতে হইলে বাতি-গন্ধকের গুঁড়া কারবন ডাই-সালফাইড নামক তরল পদার্থে দ্রবীভূত করিয়া ও ঐ দ্রব শুষ্ক ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া পরিস্রুত করিয়া লইতে হয়। পরিস্রুৎ ঘড়ি-কাচে ধরিয়া বাতাসে রাখিলে উদ্বায়ী কারবন ডাই-সালফাইড উবিয়া যায় ও বিশুদ্ধ গন্ধকের কেলাস পড়িয়া থাকে।

চিত্র—৭০

(২) **মার্কিনী-পদ্ধতি: ফ্র্যাস-প্রণালী (Frasch-Process):** মার্কিন যুক্ত-রাষ্ট্রের কয়েকটি স্থানে কয়েক শত মিটার মাটির নীচে গন্ধকের স্তর আছে। ইহাকে ভূপৃষ্ঠে তুলিবার জন্য বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এক কেন্দ্রিক ইস্পাতের নল মাটি ভেদ করিয়া গন্ধকের স্তরের মধ্যে প্রবেশ করান হয় (চিত্র —৭০)। বাহিরের সর্বাপেক্ষা মোটা নলের ভিতর দিয়া উচ্চ চাপে এবং 170°-180°C উষ্ণতার অতি তপ্ত জল পাম্পের সাহায্যে গন্ধক-স্তরের মধ্যে ঢুকাইয়া দেওয়া হয়। উহা গন্ধক-স্তর গলাইয়া ফেলে। তারপর মধ্যস্থলে অবস্থিত সর্বাপেক্ষা সরু নলের ভিতর দিয়া উচ্চ চাপে বাতাস চালিত করিলে উহা গলিত গন্ধক ও জল আলোড়িত করিয়া উহাদের দুগ্ধবৎমিশ্র উৎপাদন করে। তখন ঐ মিশ্র অবশিষ্ট নলের ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া আসে। তারপর বড় বড় কাঠের পাত্রে ঐ মিশ্র ঠাণ্ডা করিলে গন্ধক জমিয়া জল হইতে পৃথক হইয়া পড়ে। এইরূপে প্রাপ্ত গন্ধের বিশুদ্ধতা শতকরা 99·5 ভাগ।

গন্ধকের রূপভেদ: গন্ধকের পাঁচটি রূপভেদ আছে—(১) α বা রম্বিক-গন্ধক (Rhombic sulphur), (২) β বা মনোক্লিনিক গন্ধক (Monoclinic sulphur), (৩) নমনীয় গন্ধক (Plastic sulphur), (৪) গন্ধক-দুগ্ধ (Milk of sulphur) ও (৫) শ্বেত অনিয়তাকার গন্ধক (white amorphous sul-

phur)। ইহাদের মধ্যে প্রথম দুইটি কেলাসাকার ও পরের তিনটি অনিয়তাকার। বাজারে যে গন্ধক পাওয়া যায় ও যাহা শিল্পে ব্যবহৃত হয় তাহা রম্বিক গন্ধক।

গন্ধকের ব্যাবহারিক প্রয়োগ : গন্ধকের প্রধান ব্যবহার সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে। কাগজ-প্রস্তুতি শিল্পে প্রভূত পরিমাণে ক্যালসিয়ম বাই-সালফাইটের প্রয়োজন; তাহার উৎপাদনেও গন্ধকের প্রয়োজন। কারবন ডাই-সালফাইড, সোডিয়ম থায়োসালফেট (ফটোগ্রাফিতে), বারুদ, দিয়াশলাই, রঞ্জক ও আতসবাজী উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়। রবার বলিয়া যাহা আমাদের নিকট পরিচিত তাহা রবার গাছের নির্যাসের সহিত গন্ধক বিভিন্ন অনুপাতে মিশাইয়া প্রস্তুত করা হয় এবং এই প্রস্তুত পদ্ধতিকে **ভালকানাইজিং** (Vulcanising) বলে। সুতরাং সমস্ত রবারজাত দ্রব্যেরই একটি উপাদান গন্ধক।

কীটঘ্নরূপেও ইহার গুঁড়া ব্যবহৃত হয়। বাতাসে ইহা পোড়াইয়া প্রস্তুত সালফার ডাই-অক্সাইড জীবাণুনাশক রূপে ব্যবহৃত হয়। বাড়ীতে বসন্ত হইলে রোগীর ব্যবহৃত কক্ষে গন্ধক পোড়াইয়া তাহাকে জীবাণুমুক্ত করা হয়।

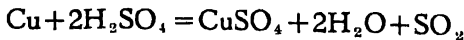
ভেস্লিলিনের সহিত গন্ধক-দুগ্ধ মিশাইয়া যে মলম প্রস্তুত করা হয় তাহা নানারূপ চর্মরোগে ব্যবহৃত হয়।

সালফার ডাই-অক্সসাইড (Sulphur dioxide)

সংকেত, SO_2। আণবিক গুরুত্ব, 64।

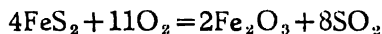
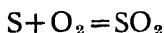
অবস্থান : আগ্নেয়গিরি হইতে উত্থিত গ্যাসে এবং কয়লা জ্বালানিরূপে ব্যবহারের জন্য বড় বড় নগরের বায়ুমণ্ডলে সালফার ডাই-অক্সাইড বিদ্যমান।

প্রস্তুতি : (১) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি :** একটি গোল তলাবিশিষ্ট কূপীতে কিছু তামার চোকলা লইয়া উহাতে একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নল লাগান হয় (৬৩নং চিত্র দ্রষ্টব্য)। তারপর দীর্ঘনাল ফানেলের ভিতর দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া কূপীটি বুনসেন-দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। অ্যাসিড ফুটিতে আরম্ভ করিলে উহার সহিত তামার চোকলার বিক্রিয়া হয় যাহার ফলে কপার সালফেট, জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

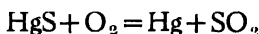
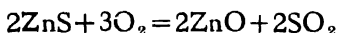
$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

উৎপন্ন গ্যাস প্রক্ষালন-বোতলের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অনার্দ্র হইয়া গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

(২) অত্যধিক পরিমাণে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে গন্ধক পোড়াইতে অথবা লৌহ-মাক্ষিক তাপ জারিত (Roast) করিতে হয়।

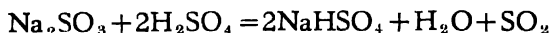
$$S+O_2=SO_2$$

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

জিঙ্কব্লেণ্ড, হিঙ্গুল প্রভৃতি সালফাইড খনিজ তাপ জারিত করিলেও সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় :

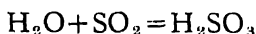
$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

$$HgS+O_2=Hg+SO_2$$

সুতরাং দস্তা ও পারদ নিষ্কাশন কালে সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়।

(৩) সমস্ত ধাতব সালফাইটের সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

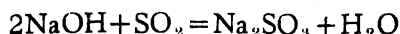
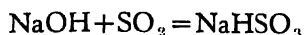
$$Na_2SO_3+2H_2SO_4=2NaHSO_4+H_2O+SO_2$$

গুণ : সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন এবং ঝাঁজাল, শ্বাসরোধী ও গন্ধক-পোড়া গন্ধযুক্ত গ্যাস। বাতাস অপেক্ষা ইহা দ্বিগুণেরও বেশী ভারী। ইহা সহজেই তরলীভূত হয় ও জলে অত্যধিক দ্রবণীয়।

ইহার জলীয়দ্রব নীল লিটমসকে লাল করে। কারণ ইহা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপাদন করে।

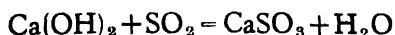
$$H_2O+SO_2=H_2SO_3$$

কিন্তু সালফিউরাস অ্যাসিডে জলের সহিত ইহার সংযুক্তি এত ক্ষীণ যে জল হইতে বিযুক্ত হইয়া ইহা সহজেই জলের উপরের বাতাসে নির্গত হয়। সেই কারণে ইহার জলীয় দ্রবে ইহার গন্ধ পাওয়া যায় ও অল্প সময়ের মধ্যেই ঐ দ্রব সালফার ডাই-অক্সাইড শূন্য হইয়া পড়ে।

ইহা অ্যাসিডিক বা আম্লিক অক্সাইড। সুতরাং ইহা ক্ষার প্রশমিত করে।

$$NaOH+SO_2=NaHSO_3$$

$$2NaOH+SO_2=Na_2SO_3+H_2O$$

চুনের জল ইহার দ্বারা প্রথমে দুগ্ধবৎ ঘোলা হয়। কিন্তু অত্যধিক পরিমাণে এই গ্যাস চালনায় ঘোলা চুনের জল আবার স্বচ্ছ হইয়া যায়। কারণ ক্যালসিয়ম সালফাইট জলে অদ্রাব্য হইলেও ক্যালসিয়ম বাই-সাইফাইট জলে দ্রবণীয়।

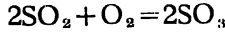
$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$$

$$CaSO_3+H_2O+SO_2=Ca(HSO_3)_2$$

সোডিয়ম ও পটাসিয়ম কারবনেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে, উহাদের বাই-সালফাইট ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়:

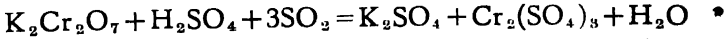
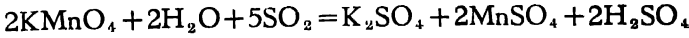
$$Na_2CO_3+H_2O+2SO_2=2NaHSO_3+CO_2$$

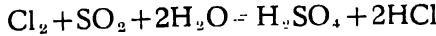
সালফার ডাই-অক্সাইড দাহ্য নহে এবং ইহা সাধারণতঃ দহন সহায়কও নহে। কিন্তু জ্বলন্ত লৌহচূর, পটাসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম ইহাতে জ্বলিতে থাকে।

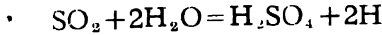
অনুকূল অনুঘটকের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$2SO_2+O_2=2SO_3$$

সালফার ডাই-অক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। ইহা পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের লাল জলীয় দ্রবকে বর্ণহীন ও পটাসিয়ম ডাইক্রোমেটের পীতবর্ণের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবকে সবুজ বর্ণের করে।

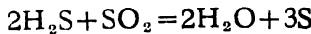
$$2KMnO_4+2H_2O+5SO_2=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$$

$$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+3SO_2=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$

জলের অবস্থিতিতে ইহা ক্লোরিণকেও বিজারিত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। সেইজন্য ইহা ক্লোরিণঘ্ন বা ক্লোরিণ অপসারক (Anti-chlor) রূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

$$Cl_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$$

ইহা জলসিক্ত জৈব রঙ্গিন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। একটি জলসিক্ত লাল জবা ফুল এই গ্যাসপূর্ণ একটি গ্যাসজারে রাখিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই উহা বর্ণহীন হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারণ দ্বারা এই বিরঞ্জন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়:

$$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$$

উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণ দ্বারা বিরঞ্জন ক্রিয়া নিষ্পন্ন করে। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড সোজাসুজি রঙ্গিন দ্রব্যের সহিত যুক্ত হইয়া তাহাকে বিরঞ্জিত করে।

কয়েকটি ক্ষেত্রে ইহা জারক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ উল্লেখ করা যাইতে পারে যে ইহা সালফারেটেড হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া গন্ধক উৎপাদন করে।

$$2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে ও চিনি শোধনে এই গ্যাস বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। রেশম, পশম, খড় প্রভৃতি কোমল বস্তুর বিরঞ্জনে এবং সোডিয়ম ও ক্যালসিয়ম বাই-সালফাইট প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত

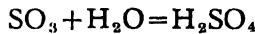
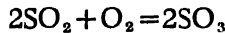
হয়। ইহা বিষাক্ত বলিয়া বসন্ত প্রভৃতি সংক্রামক ব্যাধিগ্রস্থ রোগীর আরোগ্যলাভের পর তাহার ব্যবহৃত ঘরে ধোঁয়া বা ভাপরা দিতে (fumigate) ও ফল সংরক্ষণের কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়। তরল সালফার ডাই-অক্সাইড শীতক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ক্লোরিণ দ্বারা কোন দ্রব্য বিরঞ্জিত করিবার পরে ক্লোরিণঘ্নরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

পরিচায়ক পরীক্ষা : গন্ধক পোড়ার গন্ধ দ্বারা ইহার পরিচয় পাওয়া যায়। পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবকে ইহা বর্ণহীন করে।

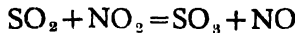
সালফিউরিক অ্যাসিড (Sulphuric Acid)

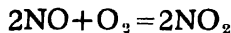
সংকেত, H_2SO_4। আণবিক গুরুত্ব, 98।

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি : সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির দুইটি পণ্য-পদ্ধতি আছে : (১) **প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতি** (Chamber Process) ও (২) **স্পর্শ-পদ্ধতি** (Contact Process)। এই দুইটি পদ্ধতিতেই সালফার ডাই-অক্সাইডকে অনুঘটকের সাহায্যে বাতাসের অক্সিজেনের দ্বারা জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও জলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়।

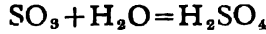
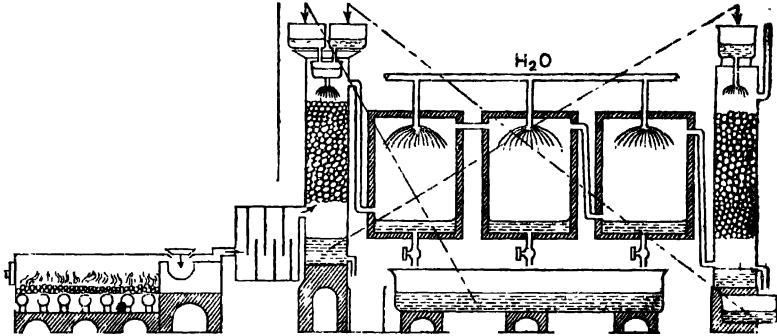
$$2SO_2+O_2=2SO_3$$
$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

কিন্তু দুইটি পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অনুঘটক ও যান্ত্রিক ব্যবস্থা সম্পূর্ণ ভিন্ন।

(১) **প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতি :** প্রথমে গন্ধক পোড়াইয়া বা লৌহমাক্ষিক তাপ-জারিত করিয়া প্রচুর পরিমাণে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বিজারিত করিয়া নাইট্রিক্ অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$SO_2+NO_2=SO_3+NO$$

নাইট্রিক্ অক্সাইড বাতাসের অক্সিজেনের সংস্পর্শে জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় ও পুনরায় সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করে।

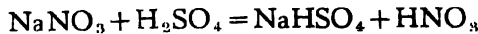
$$2NO+O_2=2NO_2$$

নাইট্রিক্-অক্সাইড এইক্ষেত্রে অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে।

উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলকণা সহযোগে সালফিউরিক্ অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির বিস্তৃত বিবরণ : এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত জনিত্র (Plant) ৭১নং চিত্রে দেওয়া হইল। লৌহমাক্ষিকের ছোট ছোট টুকরা বাতাস সহযোগে

চিত্র—৭১

অগ্নিসহ ইটের চুল্লীতে পোড়ান হয়। ঐ টুকরাগুলি একবার পুড়িতে আরম্ভ করিলে আর বাহির হইতে তাপ দেওয়ার প্রয়োজন হয় না। কারণ লৌহমাক্ষিক জারিত হইবার সময় তাপ বিকীরণ করে। গন্ধক ব্যবহার করিলে ভিন্নরূপ চুল্লীর প্রয়োজন হয়।

উত্তপ্ত সালফার ডাই-অক্সাইড ও অতিরিক্ত বাতাস চুল্লী হইতে নির্গত হইয়া শোরা পাত্রের উপর দিয়া প্রবাহিত হয়। ঐ পাত্রে পূর্বেই শোরা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সঞ্চিত থাকে। উত্তপ্ত গ্যাসীয় মিশ্রের দ্বারা তাপিত হইয়া পাত্রস্থ মিশ্রের উপাদান দুইটির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে ও উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পীভূত হইয়া গ্যাস প্রবাহের সহিত মিশিয়া যায় :

$$NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3$$

তারপর উত্তপ্ত গ্যাসীয় মিশ্র একটি ধূলিরোধক প্রকোষ্ঠ অতিক্রম করিয়া **গ্লোভার স্তম্ভের** (Glover tower) নীচের অংশে প্রবেশ করে এবং স্তম্ভের উপরের দিকে উঠিতে থাকে। স্তম্ভটি সীসার পাতে প্রস্তুত ও উহার ভিতরের দিকের আস্তর অম্লসহ ইট দ্বারা তৈয়ারী। উহা ফ্লিণ্ট কাচের টুকরার দ্বারা ভর্তি করা থাকে ও উহার মাথার উপরে দুইটি চৌবাচ্চা থাকে। একটি চৌবাচ্চা হইতে

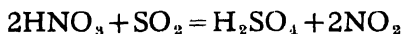
নাতিলঘু (65-68%) সালফিউরিক অ্যাসিড ও অপরটি হইতে নাইট্রোজেনের অক্সাইডযুক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড স্টপককের সাহায্যে বিন্দু বিন্দু করিয়া ক্ষরিত হইতে থাকে। নাতিলঘু সালফিউরিক অ্যাসিড পরবর্তী সীসক প্রকোষ্ঠ হইতে ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডযুক্ত অ্যাসিড এই জনিত্রের অপর শেষ প্রান্তস্থিত গে-লিউস্যাক স্তম্ভ (Gay-Lussac tower) হইতে লওয়া হয়। গ্লোভার স্তম্ভে নিম্নোক্ত ক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে :

(১) ফ্লিন্ট-কাচের টুকরাগুলির অবস্থিতিতে গ্যাসগুলি ওতপ্রোতভাবে মিশিতে পারে।

(২) উত্তপ্ত গ্যাসীয় মিশ্র স্বয়ং শীতল হইয়া সুবিধাজনক উষ্ণতায় (50°—80°C) আসে, ও নাতিলঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের জল বাষ্পীভূত করিয়া উহাকে গাঢ়তর করে।

(৩) নাতিলঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের জল নাইট্রোজেন-অক্সাইডযুক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডকে নাইট্রোজেন-অক্সাইড মুক্ত করে।

(৪) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটিয়া যথেষ্ট পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয় :

$$2HNO_3 + SO_2 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

এইরূপে গাঢ়ীভূত সালফিউরিক অ্যাসিড (78%) গ্লোভার স্তম্ভের নীচে স্থাপিত সীসার চৌবাচ্চায় সংগৃহীত হয়।

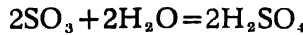
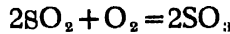
তারপর গ্যাসীয় মিশ্র গ্লোভার স্তম্ভের উপরের দিকে অবস্থিত নির্গম-পথ দিয়া নির্গত হইয়া তৎসংলগ্ন বিজোড়সংখ্যক ও পরস্পর-সংযুক্ত সীসক প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত হয়। এই সময়ে বিক্রিয়াশীল গ্যাসীয় অণুসমূহের মধ্যে নিবিড় সংস্পর্শ ঘটিয়া থাকে যাহার জন্য বেশীর ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডই এই সমস্ত প্রকোষ্ঠের মধ্যে উৎপন্ন হয়। ঝাঁজরা ও চাপের সাহায্যে নির্দিষ্ট পরিমাণ সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম জলের কণা এই সমস্ত সীসক-প্রকোষ্ঠ মধ্যে ছড়ান হয় যাহাতে উৎপন্ন অ্যাসিডের দ্রবে সালফিউরিক অ্যাসিডের শতকরা হার 65 হইতে 68র মধ্যে থাকে। সীসক-প্রকোষ্ঠের তলদেশ-সংলগ্ন নির্গম-নলের সাহায্যে উৎপন্ন অ্যাসিড নীচস্থ চৌবাচ্চায় সংগ্রহ করা হয়।

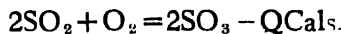
শেষপ্রান্তস্থিতসীসক-প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাসীয় মিশ্র নির্গত হয় তাহাতে সামান্য পরিমাণে অপরিবর্তিত সালফার ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন-অক্সাইড থাকে। এই গ্যাসীয় মিশ্র ঐ প্রকোষ্ঠ সংলগ্ন গে-লিউস্যাক স্তম্ভ নামক আর একটি স্তম্ভের নীচের দিক হইতে উপর দিকে চালিত করা হয়।

এই স্তম্ভ কোকের টুকরায় ভর্তি থাকে ও ইহার উপরিস্থিত একটি চৌবাচ্চা হইতে ইহার উপরে গ্লোভার স্তম্ভ হইতে প্রাপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিন্দু বিন্দু করিয়া ক্ষরিত করা হয়। এই গাঢ় অ্যাসিড সীসক-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত গ্যাসীয় মিশ্রের নাইট্রোজেন-অক্সাইড বিশোষণ করিয়া নাইট্রোজেন অক্সাইডযুক্ত সালফিউরিক অক্সাইডে পরিণত হয় ও উহা পাম্পের সাহায্যে গ্লোভার স্তম্ভের উপরিস্থিত চৌবাচ্চায় প্রেরিত হয়।

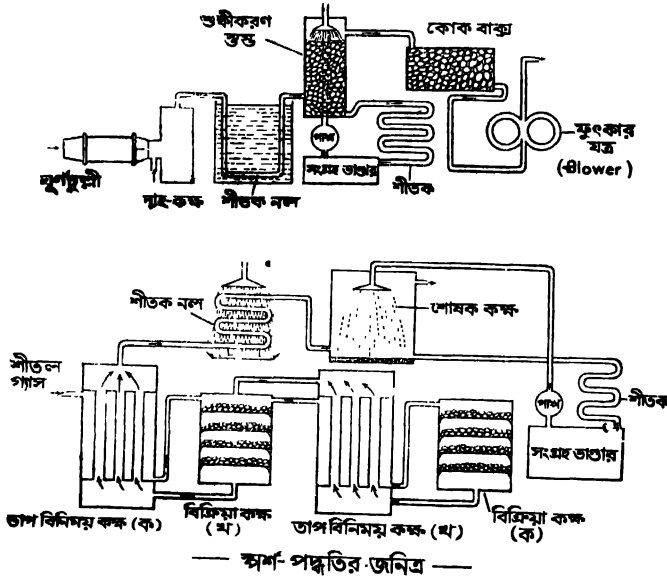
(২) **স্পর্শ পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে সূক্ষ্ম প্ল্যাটিনম কণা বা কোন বিশেষ ধাতব অক্সাইডরূপ অনুঘটকের সাহায্যে 440°—450°C উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইডকে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সহিত 98% সালফিউরিক অ্যাসিডস্থিত জলের সংযোগ ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধতম সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করার প্রয়োজন :

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

$$2SO_3 + 2H_2O = 2H_2SO_4$$

স্পর্শ-পদ্ধতির বিস্তৃত বিবরণ : এই পদ্ধতিতে একটি ঘূর্ণ চুল্লীতে (Rotary Furnace) গন্ধক পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। গ্যাসীয় মিশ্র এই চুল্লী হইতে নির্গত হইয়া একটি দাহ কক্ষে প্রবেশ করে যেখানে গন্ধকের শেষ কণা পর্যন্ত দগ্ধ হইয়া SO_2-এ পরিণত হয়। তারপর উহা একটি শীতক-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া শুষ্কীকরণ স্তম্ভের ভিতরে প্রবেশ করে; সেখানে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অনার্দ্র হইয়া কুয়াসা মুক্ত হইবার জন্য একটি কোকপূর্ণ বাক্সের ভিতর দিয়া চালিত হয়। তারপর একটি ফুৎকার-যন্ত্রের (Blower) সাহায্যে ঐ মিশ্র তাপবিনিময় প্রকোষ্ঠদ্বয় ক ও খ-এর ভিতর দিয়া চালিত হয় যাহার ফলে উহার উষ্ণতা 425°C পর্যন্ত ওঠে। এইরূপে উত্তপ্ত হইয়া উহা প্রথম বিক্রিয়া কক্ষ ক-এ প্রবেশ করে—যেখানে বিভিন্ন স্তরে অবস্থিত সছিদ্র রেকাবের উপর সজ্জিত প্ল্যাটিনমের সূক্ষ্ম কণা দ্বারা আবৃত সরন্ধ্র ম্যাগনেসিয়ম সালফেট (Grillo catalyst) অথবা ঐ কণাযুক্ত অ্যাসবেস্টসের আঁশ অনুঘটকরূপে রাখা হয়। এখানে উত্তাপ বিকীরণসহ বেশীর ভাগ SO_2 সালফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় :

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 - QCals.$$

এই বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ হইতে বহির্গত গ্যাসীয় মিশ্রের উষ্ণতা 575°C পর্যন্ত ওঠে।

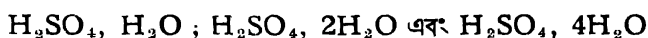
এই উত্তপ্ত মিশ্র তারপর তাপবিনিময় প্রকোষ্ঠ খ-এর ভিতর দিয়া চালিত হয়; তখন তাহার উষ্ণতা কমিয়া প্রায় 400°C-এ নামিয়া আসে। তারপর উহা দ্বিতীয়

— স্পর্শ-পদ্ধতির জনিত্র —

চিত্র—৭২

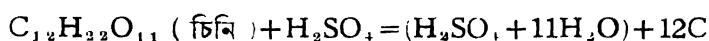
বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ খ-এ প্রবেশ করে যেখানে SO_2-এর SO_3-এ পরিবর্তন সম্পূর্ণ হয়। ঐ প্রকোষ্ঠ হইতে বহির্গত হইয়া উহা তাপবিনিময় প্রকোষ্ঠ ক ও শীতক নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। অবশেষে উহা শোষক-কক্ষে প্রবেশ করিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুর আকারে ছড়ান গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে বিদ্যমান জলের সহিত ও তারপর শতকরা 100 ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া **ওলিয়ম (Oleum)** উৎপাদন করে। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসাবশেষ বায়ুমণ্ডলে চলিয়া যায় ও উৎপন্ন অ্যাসিড রক্ষাভাণ্ডারে সংগৃহীত হয়। এই পদ্ধতির একটি জনিত্র (Plant) ৭২নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

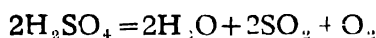
গুণ : সালফিউরিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন, ভারী ও তৈলাক্ত তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 338°C। ইহা জীব দেহের সংস্পর্শে আসিবামাত্র বেদনাদায়ক ক্ষত উৎপাদন করে।

জলের সহিত মিশাইবার সময় মিশ্রের মোট আয়তন কমিয়া যায় ও অত্যন্ত তাপ নিঃসৃত হয়। সেইজন্য সালফিউরিক অ্যাসিডে জল না দিয়া জলে সালফিউরিক অ্যাসিড দিতে হয়। ইহা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া নিম্নোক্ত হাইড্রেটগুলি উৎপাদন করে :

$$H_2SO_4, H_2O ; H_2SO_4, 2H_2O \text{ এবং } H_2SO_4, 4H_2O$$

জলের প্রতি ইহার আসক্তি অত্যন্ত প্রবল ; সেইজন্য ইহা অনার্দ্রকারকরূপে সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে ও অনেক জৈব পদার্থ হইতে জলের অণু নিষ্কাষিত করিয়া তাহাদিগকে বিযোজিত করিয়া ফেলে। যথা, ইহা ফরমিক অ্যাসিড, অক্স্যালিক অ্যাসিড, কোহল প্রভৃতি বিযোজিত করে।

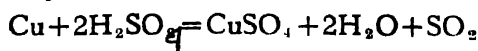
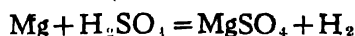
শ্বেতসার (starch) চিনি, কাগজ প্রভৃতি সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা কাল হইয়া যায়—

$$C_{12}H_{22}O_{11} \text{ (চিনি)} + H_2SO_4 = (H_2SO_4 + 11H_2O) + 12C$$

তীব্রভাবে উত্তপ্ত হইলে সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া জল, সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয় :

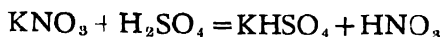
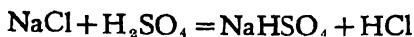
$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

এই কারণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত অবস্থায় কখন কখন জারক দ্রব্যরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। যেমন ইহা কয়লা, গন্ধক ও কোন কোন ধাতুকে জারিত করিতে পারে।

ইহা একটি দ্বিক্ষারী অ্যাসিড ; সুতরাং ইহা হইতে পূর্ণ লবণ ও অম্ল লবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। ইহা হইতে উৎপন্ন পূর্ণ লবণকে সালফেট ও অম্ল লবণকে বাই-সালফেট বলে। যেমন সোডিয়ম সালফেট (Na_2SO_4) একটি পূর্ণ লবণ ও সোডিয়ম বাই-সালফেট ($NaHSO_4$) একটি অম্ল লবণ।

বিভিন্ন অবস্থায় নানারূপ ধাতুর সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া থাকে। সাধারণ উষ্ণতায়, দস্তা, ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ ও রাং ইহার লঘু জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফেট নামক নিজস্ব ধাতব লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। কিন্তু তাম্র, পারদ ও সীসা শুধু উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নিজ নিজ সালফেট, জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে।

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

ইহা কোন কোন অ্যাসিডের লবণের উপর বিক্রিয়া করিয়া ঐ সমস্ত অ্যাসিডকে মুক্ত করিয়া থাকে।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: সালফিউরিক অ্যাসিডের নানাবিধ শিল্পে প্রয়োগ এত বেশী যে তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা করা যায় না। ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ দেশের শিল্পসমৃদ্ধির পরিচায়ক। হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড রং, রঞ্জক, বিস্ফোরক, ফটকিরি প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। অ্যামোনিয়ম সালফেট ও ক্যালসিয়ম সুপার ফসফেট নামক সারদ্বয়ও ইহার সাহায্যে উৎপাদিত হয়। সঞ্চায়ক বৈদ্যুতিক ব্যাটারী (Storage battery) প্রস্তুতিতে ও পেট্রোলিয়ম শোধনে ইহা বহুল পরিমাণ ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে ও জৈব রসায়নের অনেক বিক্রিয়ায় ইহার প্রয়োগ আছে।

সালফেট (Sulphate): সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত হইল H_2SO_4। ইহার অণুতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকায় ইহা দ্বিক্ষারী। ইহার অণু হইতে হাইড্রোজেন-পরমাণুর প্রতিস্থাপন দ্বারা যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে সালফেট বলে। ইহার অণুর একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর প্রতিস্থাপন দ্বারা যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে, অম্ল-সালফেট বা হাইড্রোজেন-সালফেট অথবা বাই-সালফেট বলে; যেমন, পটাসিয়ম বাই-সালফেট ($KHSO_4$)। কিন্তু যখন ইহার অণুর দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণুই ধাতব পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তখন যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে শুধু সালফেট বলা হয়; যেমন, ম্যাগনেসিয়ম সালফেট ($MgSO_4$)।

সালফেট প্রস্তুতি: নিম্নোক্ত পদ্ধতিসমূহ দ্বারা বিভিন্ন ধাতব সালফেট উৎপাদিত হইয়া থাকে:

(১) ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, কারবনেট অথবা অন্য কোন লবণের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়: যেমন--

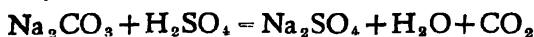
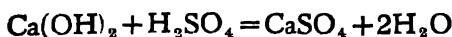
$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$$

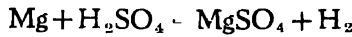
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

$$NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

(অধিক উষ্ণতায়)

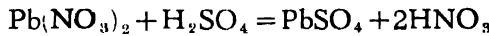
$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

(২) ধাতুর সহিত এই অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় :

(ক) সাধারণ উষ্ণতায় দস্তা, ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ ও টিনের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের বিক্রিয়ায় :

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

(খ) তাম্র, পারদ, সীসার সহিত ফুটন্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় :

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

(৩) ক্যালসিয়ম সালফেট, লেড-সালফেট প্রভৃতি অদ্রাব্য সালফেটের উৎপাদনে এ সমস্ত ধাতুর অন্য কোন লবণের জলীয় দ্রবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রব অথবা কোন ধাতব সালফেটের জলীয় দ্রব দিতে হয়। তাহা হইলে ঐ সমস্ত অদ্রাব্য সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে :

$$Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2HNO_3$$

তারপর অধঃক্ষেপকে পরিস্রুত করিয়া ও বিশেষভাবে ধৌত করিয়া বায়ুচুল্লীতে উত্তপ্ত করিতে হয়।

(৪) কোন কোন ধাতুর সালফাইড আকরিক (Ore) কে অপেক্ষাকৃত অল্প উষ্ণতায় বাতাসে জারিত করিয়া তাহাদিগকে সালফেটে পরিণত করা যায়। এই পদ্ধতিতে তুঁতিয়া বা নীল ভিট্রিয়ল (Blue vitriol) ($CuSO_4, 5H_2O$), হিরাকস বা সবুজ ভিট্রিয়ল (Green vitriol) ($FeSO_4, 7H_2O$) ও জিঙ্ক সালফেট বা শ্বেত ভিট্রিয়ল (White vitriol) ($ZnSO_4, 7H_2O$) প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

গুণ : তাম্র, লৌহ, ক্রোমিয়ম, মাঙ্গানিজ, কোব্যাল্ট ও নিকেল ভিন্ন অন্যান্য ধাতুর সালফেট সাদা। বেশীর ভাগ ধাতব সালফেটই জলে দ্রবণীয়। কিন্তু $PbSO_4$, $BaSO_4$ ও $SrSO_4$ জলে দ্রবণীয় নহে। $CaSO_4$ ও Hg_2SO_4 জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয়। সমস্ত ধাতুর সালফেটই কেলাসিত অবস্থায় থাকে। সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও অ্যামোনিয়ম সালফেটের কেলাস কেলাস-জল শূন্য।

কেলাস-জলযুক্ত সালফেট উত্তপ্ত করিলে তাহা নিরুদক হয়। রৌপ্য, অ্যালুমিনিয়ম ও ফেরাস সালফেট উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিযোজিত হইয়া যায় :

$$Ag_2SO_4 = 2Ag + SO_2 + O_2$$

$$2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2$$

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_3 + SO_2$$

ফেরাস সালফেট উত্তপ্ত করিয়া রুজ প্রস্তুত করা হয়।

সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও অ্যামোনিয়ম সালফেটের সহিত অ্যালুমিনিয়ম, ক্রোমিয়ম, ফেরাস ও ফেরিক সালফেট দ্বি-ধাতুক লবণ (Double salt) উৎপাদন করে। যেমন ফটকিরি, K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$

সালফিউরিক অ্যাসিড এবং সালফেটের পরিচায়ক পরীক্ষা : সালফিউরিক অ্যাসিড কিংবা কোন সালফেটের জলীয় দ্রবে বেরিয়ম ক্লোরাইড বা নাইট্রেটের জলীয় দ্রব দিলে সাদা বেরিয়ম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ঐ অধঃক্ষেপ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় নহে।

ফটকিরি (Alum) : ফটকিরি বা অ্যালাম এক শ্রেণীর দ্বি-ধাতুক সালফেটের সাধারণ নাম। যখন ত্রি-যোজী ধাতু, অ্যালুমিনিয়ম, ক্রোমিয়ম বা লোহের সালফেট, একযোজী ধাতু সোডিয়ম, পটাসিয়ম বা একযোজীমূলক অ্যামোনিয়ম-এর সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া 24 অণু জল সহযোগে দ্বি-ধাতুক সালফেটরূপে কেলাসিত হয় তখন এই কেলাসাকার বস্তুকে **ফটকিরি** বলে। সুতরাং ফটকিরির সাধারণ সংকেত হইল A_2SO_4, $B_2(SO_4)_3$, $24H_2O$; এখানে A-র দ্বারা একযোজী ধাতুর পরমাণু বা মূলক (Na, K, NH_4) ও B-র দ্বারা ত্রি-যোজী ধাতুর (Al, Cr, Fe) পরমাণু বুঝায়।

কোন বিশেষ অ্যালাম বা ফটকিরিকে বুঝাইতে হইলে উভয় ধাতুর নামই উল্লেখ করিতে হয়; যেমন K_2SO_4,$Fe_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ বুঝাইতে হইলে পটাসিয়ম ফেরিক অ্যালাম বা ফটকিরি বলিতে হয়। কিন্তু ত্রি-যোজী ধাতুর নামের উল্লেখ না থাকিলে বুঝিতে হইবে যে উহাতে অ্যালুমিনিয়ম আছে। যেমন পটাসিয়ম বা পটাশ অ্যালাম বা শুধু অ্যালাম দ্বারা সাধারণ অ্যালাম বা বাজারের ফটকিরি বুঝায় যাহার সংকেত হইল—K_2SO_4,$Al_2(SO_4)_3$,$24H_2O$।

সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি (K_2SO_4,$Al_2(SO_4)_3$,$24H_2O$।

প্রস্তুতি : বক্সাইট ($Al_2O_3 2H_2O$) নামক অ্যালুমিনিয়মের আকরিককে প্রথমে চূর্ণ করিয়া 100°C উষ্ণতায় 60% সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবে নিষিক্ত করিতে হয়। তারপর উৎপন্ন দ্রবের মধ্যস্থিত ফেরিক সালফেটকে বেরিয়ম সালফাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া দ্রবের উপর হইতে পরিষ্কার তরল অংশ আস্রাবিত করিতে হয়। তখন উহাতে প্রয়োজনানুরূপ পটাসিয়ম সালফেট যোগ করিয়া এবং দ্রবটিকে উত্তপ্ত অবস্থায় সংপৃক্ত করিয়া পরে ঠাণ্ডা করিলে অ্যালাম কেলাসাকারে পৃথক হইয়া পড়ে।

গুণ : ফটকিরি বা সাধারণ অ্যালাম এক প্রকার বর্ণহীন কেলাসকার কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রবণীয়।

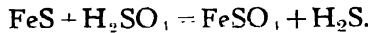
ব্যাবহারিক প্রয়োগ : রঞ্জক শিল্পে ও সূতী কাপড় ছাপানোতে (Calico-Printings) রং বন্ধক (Mordant) রূপে, চামড়া প্রস্তুতিতে, অস্বচ্ছ জল পরিষ্করণে ও ঔষধে ইহা ব্যবহৃত হয়। সামান্য কর্তনে রক্তরোধকরূপেও (Styptic) ইহার প্রয়োগ আছে।

সালফারেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেন সালফাইড (Sulphuretted hydrogen or Hydrogen sulphide)

সংকেত, H_2S। আনবিক গুরুত্ব, 34।

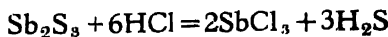
অবস্থান : আগ্নেয়গিরি হইতে উৎক্ষিপ্ত গ্যাসে ও কোন কোন প্রস্রবণের গন্ধকীয় (**Sulphurous**) জলে সালফারেটেড হাইড্রোজেনের অবস্থিতি দেখা যায়। গন্ধকযুক্ত জৈব পদার্থের পচনেও ইহা উৎপন্ন হইয়া থাকে। পচা ডিমের ন্যক্কারজনক গন্ধ এই গ্যাসেরই গন্ধ।

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার পদ্ধতি :—দীর্ঘানাল-ফানেল ও নির্গম-নল যুক্ত একটি উলফ-বোতলে কিছু ফেরাস সালফাইডের (Ferrous sulphide) টুকরা লইয়া ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু সালফিউক অ্যাসিড ঢালা হয়। ফেরাস সালফাইড ও অ্যাসিডের মধ্যে সংস্পর্শ ঘটিবামাত্র উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং সালফারেটেড হাইড্রোজেন নির্গম-নল দিয়া বহির্গত হইতে থাকে।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S.$$

উহা বাতাস অপেক্ষা অনেক ভারী হওয়ায়, বাতাসের উর্ধ্ব ভ্রংশ দ্বারা গ্যাস জারে সংগৃহীত হয়। অধিক পরিমাণে বা প্রয়োজনেরানুরূপ ক্ষণে ক্ষণে ইহা পাইতে হইলে উলফ-বোতলের পরিবর্তে কিপযন্ত্র ব্যবহার করিতে হয়।

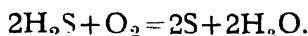
এইভাবে প্রস্তুত সালকারেটেড হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে কিছু পরিমাণে হাইড্রোজেন (ফেরাস সালফাইডে কিছু অপরিবর্তিত লৌহ থাকায় তাহার উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় প্রস্তুত) ও অতি সামান্য পরিমাণে হাইড্রোকারবন থাকে। এই গ্যাসকে অনাদ্র করিতে হইলে একটি U-নলে কিছু P_2O_5 লইয়া তাহার ভিতর দিয়া ইহাকে প্রবাহিত করিতে হয়।

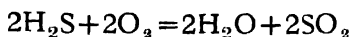
বিশুদ্ধ সালফারেটেড হাইড্রোজেন পাইতে হইলে সুর্মা বা রসাঞ্জন antimony Sulphide—অ্যান্টিমনি সালফাইড) ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রকে উত্তপ্ত করিতে হয়। উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় সালফারেটেড হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

উৎপন্ন গ্যাস প্রক্ষালন-বোতলে অবস্থিত জলে ধৌত করিয়া U-নলে অবস্থিত P_2O_5 দ্বারা অনার্দ্র করা হয় ও পূর্ববর্ণিত পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা হয়।

গুণ : সালফারেটেড হাইড্রোজেন পচাডিমের গন্ধের অনুরূপ গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন বিষাক্ত গ্যাস। বাতাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় প্রশ্বাসের সহিত একটু বেশী পরিমাণে গ্রহণ করিলে মানুষ তৎক্ষণাৎ অজ্ঞান হইয়া পড়ে। ইহা জলে অনেকটা দ্রবণীয় ও ইহার জলীয় দ্রব হইতে ইহার গন্ধ পাওয়া যায়।

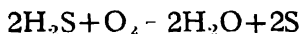
ইহা দাহক না হইলেও দাহ্য। বাতাসে বা অক্সিজেনে ইহা নীল শিখা সহ পুড়িয়া থাকে। বাতাসের পরিমাণ কম থাকিলে গন্ধক ও জল উৎপন্ন হয়

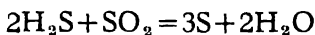
$$2H_2S+O_2=2S+2H_2O.$$

কিন্তু প্রয়োজনানুরূপ কিংবা তাহা হইতে বেশী বাতাসের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপাদিত হয় :

$$2H_2S+2O_2=2H_2O+2SO_2$$

[**পরীক্ষা :** এক জার সালফারেটেড হাইড্রোজেনের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাট কাঠি প্রবেশ করাইলে পাট কাঠিটি নিবিয়া যায় ; কিন্তু গ্যাস নীল শিখাসহ পুড়িতে ও জারের ভিতরের দেওয়ালে গন্ধকের প্রলেপ পড়িতে দেখা যায়। কিন্তু একটি কাচের নলের সরু মুখে এই গ্যাস পুড়িবার ব্যবস্থা করিলে SO_2 ও H_2O উৎপন্ন হয়।]

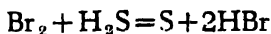
সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য।

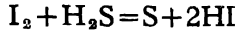
[**পরীক্ষা :** (ক) এই গ্যাসের জলীয় দ্রব অধিকক্ষণ বাতাসে উন্মুক্ত রাখিলে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া গন্ধক ও জল উৎপাদন করে :

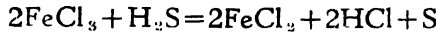
$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

(খ) ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে ও নিজে উহার দ্বারা জারিত হয়—যাহার ফলে জল ও গন্ধক উৎপন্ন হইয়া থাকে।

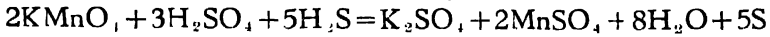
$$2H_2S+SO_2=3S+2H_2O$$

একজার সালফার ডাই-অক্সাইড একজার সালফারেটেড হাইড্রোজেনের উপর উপুড় করিয়া রাখিলে জারের ভিতরের গায়ে গন্ধকের প্রলেপ পড়িতে দেখা যায়।

(গ) হ্যালোজেনেরা ইহার দ্বারা বিজারিত হওয়ায় অনুরূপ হ্যালোজেন-অ্যাসিড ও গন্ধক উৎপন্ন হয়। ব্রোমিন বাষ্পপূর্ণ একটি গ্যাসজার একজার H_2S এর উপর উপুড় করিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ও জারের ভিতরের গায়ে গন্ধকের প্রলেপ পড়ে।

$$Br_2+H_2S=S+2HBr$$

(ঘ) অবলম্বিত আয়োডিন সমন্বিত জলের ভিতর দিয়া এই গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রব উৎপন্ন হয় ও গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয়।

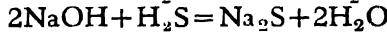
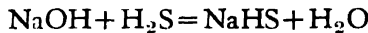
$$I_2 + H_2S = S + 2HI$$

(ঙ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালনা করিলে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ও গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

(চ) অম্লীকৃত গোলাপী রং-এর পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হওয়ায় ঐ দ্রব বর্ণহীন হয় এবং পটাসিয়ম সালফেট, ম্যাঙ্গানাস সালফেট, জল ও গন্ধক উৎপন্ন হয়।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

(ছ) অনুরূপভাবে পীত বর্ণের পটাসিয়ম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রব ইহার দ্বারা বিজারণের জন্য সবুজ বর্ণের হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S]$$

সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি অতি মৃদু দ্বিক্ষারী অ্যাসিডের ন্যায় ব্যবহার করে। সুতরাং ইহা হইতে আম্লিক ও পূর্ণ, এই দুই শ্রেণীর লবণই প্রস্তুত হয়। ইহার আম্লিক লবণকে হাইড্রোসালফাইড ও পূর্ণ লবণকে সালফাইড বলে। কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে এই উভয় শ্রেণীর লবণই উৎপাদিত হইয়া থাকে ঃ

$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O$$
$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

বিভিন্ন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা প্রবাহিত করিলে বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার ফলে অনুরূপ ধাতব সালফাইড উৎপাদিত হয়। সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও অ্যামোনিয়ম সালফাইড ভিন্ন অন্যান্য ধাতব সালফাইড জলে দ্রবণীয় নহে এইজন্য তাহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়; এই সমস্ত অধঃক্ষিপ্ত ধাতব সালফাইডের রং ভিন্ন।

$CuSO_4 + H_2S = CuS$ (কাল) $+ H_2SO_4$

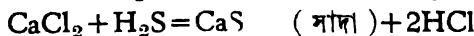
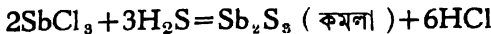
$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS$ (কাল) $+ 2HNO_3$

$2AsCl_3 + 3H_2S = As_2S_3$ (পীত) $+ 6HCl$

$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3$ (কমলা) $+ 6HCl$

$FeSO_4 + H_2S = FeS$ (কাল) $+ H_2SO_4$

$ZnSO_4 + H_2S = ZnS$ (সাদা) $+ H_2SO_4$

$CaCl_2 + H_2S = CaS$ (সাদা) $+ 2HCl$

এই সমস্ত ধাতব সালফাইডের মধ্যে কোন কোনটা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় না হওয়ায় তাহার উপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন তাম্র সীসা, আরসেনিক ও অ্যান্টিমোনির সালফাইড। অপর পক্ষে লৌহ, দস্তা ও ক্যালসিয়মের সালফাইড লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় সুতরাং তাহার উপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত হয় না। আবার দস্তার সালফাইড অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে জলে দ্রবণীয় না হওয়ায় উহাদের উপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত হয়; কিন্তু ক্যালসিয়ম সালফাইড উহাদের উপস্থিতিতে জলে দ্রবণীয় হওয়ায় অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

পরীক্ষাগারে বিকারক (Reagent) রূপে সালফারেটেড হাইড্রোজেনের প্রয়োগ : ভিন্ন ভিন্ন ধাতব সালফাইডের বিভিন্ন বর্ণ ও জল, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতি জলে বিভিন্ন দ্রাব্যতা থাকায় সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি অত্যাবশ্যকীয় বিকারকরূপে রাসায়নিক পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহার সাহায্যে (১) কোন কোন ধাতব সালফাইডের নিজস্ব বিশিষ্ট বর্ণ থাকায় এই সমস্ত ধাতু সনাক্ত করা সম্ভব হইয়াছে। যেমন কোন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া H_2S প্রবাহিত করিলে যদি সাদা সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ও তাহা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় কিন্তু NH_4Cl ও NH_4OHএ অদ্রাব্য হয় তবে বলা যাইতে পারে যে ঐ লবণটি দস্তার। সেইরূপ কোন ধাতব লবণের HCl যুক্ত জলীয় দ্রব হইতে H_2S দ্বারা যদি পীতবর্ণের সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় তবে বলা যাইতে পারে যে ঐ লবণটি আরসেনিকের।

ইহার সাহায্যে (২) বিভিন্ন ধাতুকে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা ও (৩) তাহাদিগকে পরস্পর হইতে পৃথক করাও সম্ভব হইয়াছে। যেমন Na, K ও NH_4 এর সালফাইড জলে দ্রবণীয় জন্য উহাদিগকে এক শ্রেণীতে, Zn, Mn, কোবাল্ট ও নিকেলের সালফাইড জলে এবং NH_4Cl ও NH_4OH এর উপস্থিতিতে জলে অদ্রাব্য কিন্তু HCl এর মাধ্যমে জলে দ্রবণীয় হওয়া উহাদিগকে এক শ্রেণীতে Ca, স্ট্রনসিয়ম ও বেরিয়মের সালফাইড জলে অদ্রাব্য, কিন্তু NH_4Cl ও NH_4OH, এবং HCl এর মাধ্যমে জলে দ্রবণীয় হওয়ায় উহাদিগকে এক শ্রেণীতে এবং Cu, Pb, As, Sb প্রভৃতি ধাতুর সালফাইড জলে এবং HClএর উপস্থিতিতেও জলে অদ্রাব্য হওয়ায় উহাদিগকে এক শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। সুতরাং যদি জলে দ্রবনীয় তাম্র ও দস্তার লবণের মিশ্র পাওয়া যায় তবে উহার জলীয় দ্রব প্রস্তুত করিয়া ও তাহা HCl দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া H_2S চালনা।

করিলে শুধু কাল রং-এর CuS অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু দস্তার লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয় না।' তারপর তাহা পরিস্রাবিত করিয়া ও পরিস্রুতে NH_4Cl ও NH_4OH যোগ করিয়া তাহার ভিতর আরও H_2S চালনা করিলে তখন সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয়। এইভাবেই অনেক ধাতুকে H_2S এর সাহায্যে পৃথক করা সম্ভব হইয়াছে।

পরিচায়ক পরীক্ষা: পচা ডিমের গন্ধের অনুরূপ ইহার ন্যক্কারজনক গন্ধই ইহার উপস্থিতি প্রকাশ করিয়া দেয়। লেড অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবে সিক্ত ফিলটার কাগজের টুকরা ইহার সংস্পর্শে কাল হইয়া যায়।

প্রশ্নমালা

১। কি কি রূপে গন্ধককে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায়। ইহার প্রস্তুতির দুইটি পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। গন্ধকের রূপভেদ কয়টির নাম কর ও ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি তাহা সংক্ষেপে বল।

৩। কি কি পদ্ধতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায় তাহা সংক্ষেপে বল

৪। সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান তাহা সংক্ষেপে লিখ।

৫। নিম্নোক্ত ক্ষেত্রগুলিতে কিরূপ বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর:

(ক) একজার H_2S এর উপর একজার SO_2 উপুড় করিলে

(খ) সোডিয়ম কারবনেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া SO_2 চালিত করিলে;

(গ) পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া SO_2 চালিত করিলে;

(ঘ) জলযুক্ত ক্লোরিণের সহিত SO_2 এর সংস্পর্শ ঘটাইলে;

(ঙ) জলসিক্ত একটি লাল ফুল একজার SO_2 এর ভিতর রাখিলে;

৬। Cl_2 ও SO_2 এর বিরঞ্জন ক্রিয়ার মধ্যে প্রভেদ কি তাহা সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।

৭। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে যে যে বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণসহ বিবৃত কর। এই পদ্ধতির একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

৮। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির স্পর্শ-পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৯। সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

১০। কোন্ শ্রেণীর পদার্থকে সালফেট বলে? সালফেট প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি বর্ণনা কর। বিভিন্ন সালফেটের সাধারণ গুণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

১১। অ্যালাম বা ফটকিরি কাহাকে বলে? সচরাচর ফটকিরি বলিতে যাহা বুঝায় তাহা কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

১২। সালফারেটেড হাইড্রোজেন কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? উহার প্রধান প্রধান গুণগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

১৩। কি কি ব্যাপারে H_2S একটি অত্যাবশ্যকীয় বিকারকরূপে পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়?

তৃতীয় খণ্ড

পঞ্চবিংশ অধ্যায়

ধাতু ও ধাতব যৌগ

ধাতু ও অধাতু মৌলের গুণের বিভিন্নতা : মৌল সমূহের ভৌত ও রাসায়নিক গুণগুলির মধ্যে লক্ষ্যণীয় বিভিন্নতা থাকায় তাহাদিগকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। তাহাদিগকে এইভাবে ভাগ করিয়া আমাদের অনেক সুবিধা হইলেও ইহা কিছুটা স্বেচ্ছামূলক। কারণ কোন কোন গুণ এই দুই শ্রেণীর কোন কোন মৌলের মধ্যেই লক্ষিত হইয়া থাকে। আবার আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি কয়েকটি মৌলে ঐ উভয় শ্রেণীর গুণই বিদ্যমান ; ইহাদিগকে ধাতুকল্প বলে। শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য নিম্নে ধাতু ও অধাতুর গুণের বৈসাদৃশ্য প্রদর্শিত হইল।

ধাতু ও অধাতু মৌলের গুণের বৈসাদৃশ্য

ভৌত গুণসমূহের বৈসাদৃশ্য

ধাতু	অধাতু
১। পারদ ভিন্ন অন্যান্য ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকে।	১। সাধারণ উষ্ণতায় অধাতুসমূহ গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন এই তিন অবস্থাতেই থাকিতে দেখা যায়।
২। সোডিয়ম, পটাসিয়ম, ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু ভিন্ন অন্যান্য ধাতুর ঘনত্ব সাধারণতঃ বেশী।	২। অধাতুর ঘনত্ব সাধারণতঃ কম।
৩। ইহারা দ্যুতিমান, আলোক প্রতিফলনক্ষম, ঘাতসহ, প্রসার্যতাসম্পন্ন এবং তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী।	৩। অধাতুসমূহের সাধারণতঃ এই সমস্ত গুণ নাই। কিন্তু গ্রাফাইট ও আয়োডিন দ্যুতিসম্পন্ন, হীরক আলোক প্রতিফলনক্ষম এবং গ্রাফাইট ও গ্যাস-কারবন বিদ্যুৎ পরিবাহী।
৪। ইহাদিগকে কোন শক্ত দ্রব্য দ্বারা আঘাত করিলে ধাতবশব্দ নামক একপ্রকার বিশেষ শব্দ নিঃসৃত হয়।	৪। অধাতুর এই গুণ মোটেই নাই।

রাসায়নিক গুণসমূহের বৈসাদৃশ্য

ধাতু	অধাতু
১। ধাতুসমূহ পরাবিদ্যুৎ ধর্মী ; এইজন্য ইহাদের পরমাণু ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া পরাবিদ্যুৎবাহী আয়ন উৎপাদন করে।	১। অধাতুসমূহ অপরাবিদ্যুৎ ধর্মী ; এইজন্য ইহাদের কাহারও কাহারও পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপরাবিদ্যুৎবাহী আয়ন উৎপাদন করে। হাইড্রোজেন অধাতু হইলেও পরাবিদ্যুৎবাহী আয়ন প্রস্তুত করে।
২। ইহারা ক্ষারকীয় অক্সাইড উৎপাদন করে।	২। ইহারা ক্ষারকীয় অক্সাইড ভিন্ন অন্যান্য অক্সাইড উৎপাদন করে।
৩। অ্যাসিডের সহিত ইহাদের বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হয়।	৩। ইহাদের এই গুণ নাই।
৪। সোডিয়ম, পটাসিয়ম প্রভৃতি ক্ষার ধাতু ভিন্ন অন্যান্য ধাতু হাইড্রোজেনের সহিত কোন যৌগ গঠন করে না।	৪। ইহারা হাইড্রোজেনের সহিত গ্যাসীয় কিংবা উদ্বায়ী তরল যৌগ গঠন করে।
৫। ইহাদের হ্যালাইড জলে সাধারণতঃ অবিকৃত থাকে।	৫। ইহাদের হ্যালাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করে।

ধাতুর প্রকৃতিতে অবস্থিতির বিভিন্ন রূপ

স্বর্ণ, প্ল্যাটিনম প্রভৃতি অতি অল্পসংখ্যক ধাতুকেই প্রকৃতিতে অযুক্ত অবস্থায় থাকিতে দেখা যায়। কারণ অধিকাংশ ধাতুই বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড দ্বারা আক্রান্ত হওয়ায় তাহারা অযুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে থাকিতে পারে না।

অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, সালফাইড, সালফেট, কারবনেট, নাইট্রেট, ক্লোরাইড, আয়োডাইড, ফ্লোরাইড, ফসফেট, সিলিকেট প্রভৃতি যৌগ রূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করিয়া থাকে। যেমন, **সোডিয়ম ও পটাসিয়ম**—ক্লোরাইড, নাইট্রেট ও কারবনেট রূপে, **ম্যাগনেসিয়ম**—ক্লোরাইড, কারবনেট ও সালফেট রূপে, **দস্তা**—অক্সাইড, কারবনেট ও সালফাইড রূপে, **অ্যালুমিনিয়ম**—অক্সাইড, ক্লোরাইড ও সিলিকেট রূপে, **তামা**—কোন কোন স্থানে অযুক্ত অবস্থায় এবং অক্সাইড,

সালফাইড ও ক্ষারকীয় কারবনেট রূপে, সীসা—সালফাইড, সালফেট ও কারবনেট রূপে এবং লৌহ—অক্সাইড, কারবনেট ও সালফাইড রূপে।

প্রকৃতিজাত এই সমস্ত ধাতব যৌগকে **খনিজ** বা **খণিক** (**Mineral**) বলে, যদিও খনি হইতে প্রাপ্ত পেট্রোলিয়ম ও পাথুরে কয়লাকেও খনিজ বলা হয়। কিন্তু যে সমস্ত খনিজ হইতে লাভজনক উপায়ে কোন ধাতু নিষ্কাশন করা সম্ভব হয় তাহাদিগকে সেই ধাতুর **আকরিক** (**Ore**) বলে। যেমন লৌহমাক্ষিক বা আয়রণ পিরাইটিজ্ (FeS_2) লৌহের একটি খনিজ হইলেও ইহা লৌহের আকরিক নহে; কারণ, ইহা হইতে প্রতিযোগিতার উপযোগী ব্যয়ে লৌহ নিষ্কাশন করা যায় না। ধাতব আকরিকে বালি, মাটি ও অন্যান্য মৌলের যৌগ রূপ বহু অপ্রয়োজনীয় বস্তু মিশ্রিত থাকে। আকরিকের এই সমস্ত অপদ্রব্যকে **আকর-মল** (**Gangue**) বলে।

ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রক্রিয়া

ধাতু নিষ্কাশনে (ক) **চূর্ণীকরণ** (**Crushing**), (খ) **অনুপাত বৃদ্ধিকরণ** (**Concentration**), (গ) **ভস্মীকরণ** (**Calcination**), (ঘ) **তাপ-জারণ** বা **ভর্জিত করণ** (**Roasting**) এবং (ঙ) **বিগলন** (**Smelting**)—এই পাঁচ প্রকার প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয়।

(ক) **চূর্ণীকরণ**: সাধারণতঃ ধাতব আকরিক পাথর বা শিলারূপে কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়। খনি হইতে প্রাপ্ত এইরূপ কঠিন আকরিককে বিভিন্ন প্রকার চূর্ণীকরণ যন্ত্রে (Crushing machine) ভাঙ্গিয়া লইয়া উহাদিগকে ভিন্ন ভিন্ন ছাক্নার সাহায্যে বিভিন্ন আকারের টুকরায় পৃথক করিয়া লওয়া হয়।

(খ) **অনুপাত বৃদ্ধিকরণ**: আকরিকে যখন আকর-মলের অনুপাত এত বেশী থাকে যে উহা ধাতু নিষ্কাশনে সরাসরি ব্যবহার করার উপযোগী নহে তখন (১) অভিকর্ষের (Gravity) সাহায্যে জল প্রবাহ দ্বারা, (২) চুম্বকীয় পৃথকীকরণ পদ্ধতিতে, অথবা (৩) তৈল-ভাসন (Oil flotation) পদ্ধতিতে আকরিকের অনুপাত বাড়াইতে হয়।

(১) আকরিক আকর-মল হইতে অপেক্ষাকৃত ভারী; সুতরাং কৃত্রিম জল প্রবাহের উপর আকরিকচূর্ণ ছাড়িয়া দিলে ঐ জল প্রবাহ আকর-মলকে অপেক্ষাকৃত একটু দূরে ভাসাইয়া লইয়া যায় যাহার জন্য আকরিকের অনুপাত অনেকটা বৃদ্ধি পায়।

(২) কোন কোন বিশেষ ক্ষেত্রে শক্তিশালী চুম্বকের সাহায্যে আকরিক হইতে তাহার চুম্বকীয় (Magnetic) অপদ্রব্যকে পৃথক করা হয়। যেমন রাংএর আকরিক টিনস্টোনের অনুপাত এইভাবে বৃদ্ধি করা হয়।

(৩) তৈল ও জলের মিশ্রে অতি সূক্ষ্মভাবে চূর্ণীকৃত আকরিক দিয়া তাহা বাতাসের সাহায্যে আলোড়িত করিলে আকরিকের সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কণাসমূহ ফেনার সহিত উপরে উঠিয়া আসে ও আকর-মল জলে ভিজিয়া তলায় পড়িয়া থাকে।

(গ) **ভস্মীকরণ ঃ** আকরিককে না গলাইয়া অপেক্ষাকৃত অল্প আঁচে বাতাসে উত্তপ্ত করণের নাম ভস্মীকরণ। ইহাতে আকরিকের শোষিত জল ও অন্যান্য উদ্বায়ী অপদ্রব্য দূরীভূত হয় এবং উহা সরন্ধ্র ও ফাঁপা হয়।

(ঘ) **তাপ-জারণ বা ভর্জিত করণ ঃ** আকরিককে না গলাইয়া বাতাসে উচ্চতর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করণের নাম তাপ-জারণ বা ভর্জিতকরণ। ভস্মীকরণ ও তাপ-জারণ প্রায় একই প্রকার পদ্ধতি। ইহাদের মধ্যে শুধু পার্থক্য এই যে, শেষোক্ত পদ্ধতিতে অপেক্ষাকৃত অধিকতর উষ্ণতায় আকরিককে উত্তপ্ত করা হয়। তাপ-জারণে জলীয় বাষ্প ও উদ্বায়ী অপদ্রব্য দূরীভূত হওয়ার সঙ্গে আকরিকও জারিত হইয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত হয়।

(ঙ) **বিগলন ঃ** ভর্জিত আকরিককে কোন **বিগালক (Flux)** সহ উপযোগী চুল্লীতে (Furnace) গলাইবার নাম বিগলন। ইহাতে আকর-মল বিগালকের সহিত সংযুক্ত হইয়া গলিত **ধাতুমলে (Slag)** পরিণত হয় এবং অবিশুদ্ধ ধাতু গলিত অবস্থায় পৃথক হইয়া পড়ে।

আকর-মল + বিগালক = ধাতুমল

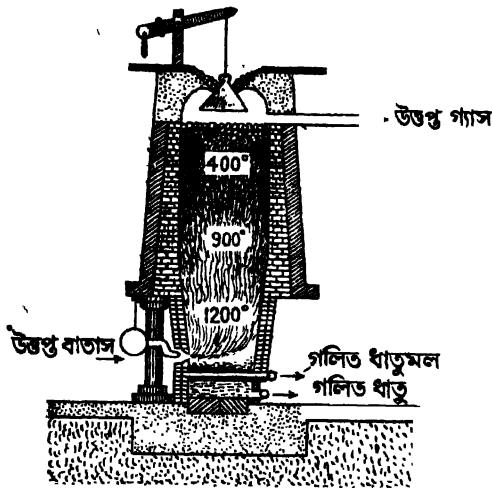
ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিভিন্ন চুল্লী ঃ ধাতু নিষ্কাশনে বিভিন্ন আকৃতির চুল্লী ব্যবহৃত হয়; তাহাদের মধ্যে (১) **পরাবর্ত চুল্লী (Reverberatory Furnace)** ও (২) **মারুত চুল্লী (Blast Furnace)** প্রধান।

চিত্র—৭৩

(১) পরাবর্ত চুল্লী ঃ এই চুল্লীর তলদেশ (Hearth) অগভীর ও উপরিভাগ খিলান দ্বারা

গঠিত (চিত্র-৭৩)। তলদেশে বিগালক মিশ্রিত আকরিক রাখা হয়। ইহার তলদেশ সংলগ্ন অংশ অগ্নিকুণ্ড। সেখানে কোক অথবা গ্যাসীয় জ্বালানি পোড়ান হয়। এই ভাবে উৎপন্ন অগ্নিশিখা ও অত্যুত্তপ্ত গ্যাস খিলানে প্রতিফলিত হইয়া তলদেশে অবস্থিত বিগালক মিশ্রিত আকরিকের উপর ক্রিয়া করিয়া থাকে।

(২) **মারুত চুল্লী :** এই চুল্লী উচ্চ ইস্পাতের কাঠাম যুক্ত। কাঠামর ভিতরের আস্তর অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত। ইহার উপরি ভাগ বাটির আকৃতি বিশিষ্ট—যাহার ভিতরে একটি শঙ্কু এমনভাবে খাটান থাকে (Cup and Cone arrangement) যে শঙ্কুটিকে নিচু বা উঁচু করিয়া চুল্লীর মুখ যথাক্রমে খোলা ও বন্ধ করা যায়। মুখ বন্ধ করিয়া বাটির মধ্যে আকরিক, বিগালক ও বিজারক মিশ্র দেওয়া হয় এবং শঙ্কু নিচু করিয়া উহাকে চুল্লীর মধ্যে ফেলা হয়। বাটি ও শঙ্কু-সজ্জার ঠিক নিচে একটি নির্গম-নল থাকে যাহার ভিতর দিয়া চুল্লীর ভিতরের কার্য শেষ হইবার পর গ্যাসাব-

চিত্র—৭৪

শেষ বাহিরে নীত হয়। চুল্লীর মধ্য-ভাগ অপেক্ষাকৃত মোটা। চুল্লীর তলদেশের কিছু উপরে কয়েকটি নলের (Tuyeres—টুইয়াস) সাহায্যে উত্তপ্ত বাতাস উচ্চ চাপে ভিতরে প্রবেশ করান হয়। চুল্লীর তলদেশে টুইয়ার্স-এর নীচে দুইটি ছিদ্র থাকে। উপরের ছিদ্র দিয়া গলিত ধাতু-মল বাহির করা হয় ; নীচের ছিদ্র দিয়া গলিত ধাতু বাহিরে আনা হয়। ৭৪নং চিত্রে একটি মারুত চুল্লীর নক্সা দেওয়া হইল।

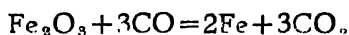
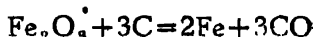
ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন পদ্ধতিঃ কোন্ ধাতুর নিষ্কাশনে কোন্ পদ্ধতি উপযোগী তাহা নির্ভর করে তাহার প্রকৃতি এবং তাহার আকরিকের রূপের উপর। নিম্নে ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বিভিন্ন পদ্ধতি সংক্ষেপে বিবৃত হইল :—

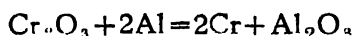
(ক) **অক্সাইড আকরিক হইতে :** এক্ষেত্রে বিজারণ পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়। ইহাতে কোক-কয়লা ও কারবন মন-অক্সাইড বিজারক দ্রব্যরূপে সচরাচর ব্যবহৃত হয়। যেমন কপার অক্সাইড কয়লার গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া উপযোগী চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে তাম্র পাওয়া যায় :

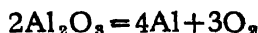
$$CuO+C=Cu+CO$$

লৌহও এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত হয় :

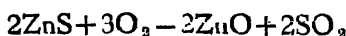
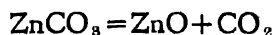
$$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$$

$$Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2$$

কোন কোন বিশেষ ক্ষেত্রে অ্যালুমিনিয়মচূর্ণ বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিকে **তাপ-বিকীরণ** (Thermit) পদ্ধতি বলে।

$$Cr_2O_3+2Al=2Cr+Al_2O_3$$

অ্যালুমিনিয়ম নিষ্কাশনে গলিত ক্রায়োলাইটে (cryolite) অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়া তড়িদ্-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে তাহাকে বিজারিত করা হয় :

$$2Al_2O_3=4Al+3O_2$$

(খ) **কারবনেট ও সালফাইড আকরিক হইতে :** প্রথমে আকরিককে ভস্মীকরণ অথবা তাপ-জারণ পদ্ধতিতে অক্সাইডে পরিণত করিতে হয়—

$$ZnCO_3=ZnO+CO_2$$

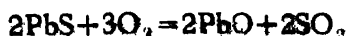
$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

তারপর উৎপন্ন অক্সাইডকে কোকের গুঁড়া সহযোগে বিজারিত করা হয় :

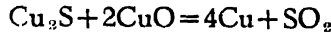
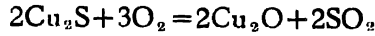
$$ZnO+C=Zn+CO$$

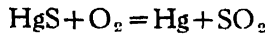
সীসা নিষ্কাশনে তাহার আকরিক গ্যালেনাকে (Galena —PbS) নিয়ন্ত্রিত তাপে বাতাসে জারিত করিয়া আংশিকভাবে অক্সাইড ও সালফেটে পরিণত করিতে হয়। তখন অবশিষ্ট সালফাইডের সহিত পৃথকভাবে অক্সাইড ও সালফেটের বিক্রিয়া হওয়ায় সীসা উৎপন্ন হয়।

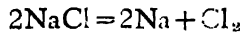
$$2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2$$

$$PbS+2O_2=PbSO_4$$

$$2PbO+PbS=3Pb+SO_2. \quad PbSO_4+PbS=2Pb+2SO_2.$$

এই পদ্ধতিকে **আত্মবিজারন** (Self-reduction) পদ্ধতি বলে। কপার গ্ল্যান্স (Copper Glance) হইতেও এই পদ্ধতিতে তাম্র নিষ্কাশিত হয়:

$$2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$$
$$Cu_2S+2CuO=4Cu+SO_2$$

যে ধাতুর অক্সাইডকে অত্যধিক উত্তপ্ত করিলে ধাতু ও অক্সিজেন পৃথক হইয়া পড়ে তাহার সালফাইড আকরিককে শুধু বাতাসে উত্তপ্ত করিলেই তাহা নিষ্কাশিত হইয়া পড়ে:

$$HgS+O_2=Hg+SO_2$$

(গ) **ক্লোরাইড আকরিক হইতে:** গলিত ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতু নিষ্কাশিত হয়:

$$2NaCl=2Na+Cl_2$$

পটাসিয়ম এবং ম্যাগনেসিয়মও এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত হয়।

ধাতুসমূহের গুণাবলী: যে সমস্ত সাধারণ গুণ অধিকাংশ ধাতুরই আছে তাহা ধাতু ও অধাতু মৌলের গুণের বৈসাদৃশ্য প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে। এই স্থানে ইহাদের বিশেষ গুণ সম্বন্ধে বলা হইতেছে।

তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায় (Electro chemical Series): পঞ্চদশ অধ্যায়ের ১৩৪ পৃষ্ঠায় মৌলের যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ প্রসঙ্গে উল্লেখ করা হইয়াছে যে হাইড্রোজেন ও ধাতু মৌলসমূহ পরাবিদ্যুৎধর্মী (Electro positive); অর্থাৎ ইহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া পরাবিদ্যুৎযুক্ত আয়ন উৎপাদন করার প্রবণতা আছে। অপর পক্ষে হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতু মৌলসমূহ অপরাবিদ্যুৎধর্মী (Electro negative); তাহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপরাবিদ্যুৎযুক্ত আয়ন প্রস্তুত করিবার প্রবণতা আছে। ভিন্ন ভিন্ন মৌলের এই ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণ করিবার প্রবণতার মাত্রা ভিন্ন এবং এই মাত্রার বিভিন্নতা অনুসারে ধাতু ও অধাতু মৌলদিগকে দুইটি পৃথক পর্যায়ে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে—যাহাকে মৌলের তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায় বলে। পরপৃষ্ঠায় দুইটি পর্যায়ে কয়েকটি মৌলকে তাহাদের আয়ন উৎপাদন করিবার প্রবণতার অধঃক্রম-মাত্রানুসারে (Descending order) সজ্জিত করা হইয়াছে।

পরাবিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহ	অপরাবিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহ
K	F_2
Ca	Cl_2
Na	Br_2
Mg	I
Al	O_2
Mn	S
Zn	P
Cr	N_2
Fe	B
Sn	C
Pb	
H_2	
Cu	
Hg	
Ag	
Au	
Pt	

তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে কোন ধাতুর স্থান তাহার আপেক্ষিক (Relative) সক্রিয়তার পরিচায়ক। সুতরাং ইহার সাহায্যে কোন অধাতুর প্রতি অন্য ধাতুর তুলনায় তাহার আসক্তি কিরূপ তাহা এবং কোন্ ধাতু বা হাইড্রোজেন তাহার যৌগ হইতে কোন্ ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে তাহাও জানিতে পারা যায়।

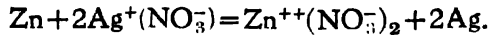
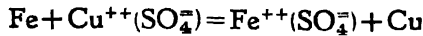
(১) ধাতুসমূহের আয়ন উৎপাদন প্রবণতার বৃদ্ধির সহিত অক্সিজেনের প্রতি তাহাদের আসক্তি এবং তাহাদের অক্সাইডের স্থায়িত্ব বাড়িয়া যায়। যেমন—অ্যালুমিনিয়ম চূর্ণ, আয়রণ অক্সাইড ও ক্রোমিয়ম অক্সাইডকে বিজারিত করিতে পারে, কিন্তু লৌহচূর অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইডকে বিজারিত করিতে পারে না। আবার অ্যালুমিনিয়ম হইতে আরম্ভ করিয়া তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে তাহার উপরিস্থিত ম্যাগনেসিয়ম ভিন্ন অন্য ধাতুর অক্সাইড কারবন দ্বারা বিজারিত হয় না। কিন্তু ঐ পর্যায়ে অ্যালুমিনিয়মের নিম্নস্থ ধাতুসমূহের আয়ন উৎপাদন প্রবণতার হ্রাসের সঙ্গে তাহাদের অক্সাইডগুলি ক্রমশঃ অধিকতর সহজে কারবন দ্বারা বিজারিত হয়।

(২) যখন কোন ধাতু বা হাইড্রোজেন আয়নিত অবস্থায় থাকে তখন তাহা যে

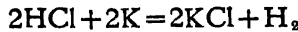
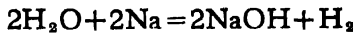
ধাতু তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে তাহার উপরে আছে তাহার দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, কারণ ধাতুর এই প্রতিস্থাপন করিবার ক্ষমতা নির্ভর করে ঐ পর্যায়ে তাহার স্থানের উপর।

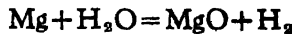
এই হেতু এই পর্যায়ে লৌহ তাম্রের উপরে এবং দস্তা রৌপ্যের উপরে থাকায় তাহারা যথাক্রমে কপার সালফেটের দ্রবে অবস্থিত তাম্রের আয়নকে এবং সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে অবস্থিত রৌপ্যের আয়নকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

$$Fe + Cu^{++}(SO_4^{=}) = Fe^{++}(SO_4^{=}) + Cu$$

$$Zn + 2Ag^{+}(NO_3^{-}) = Zn^{++}(NO_3^{-})_2 + 2Ag.$$

একই কারণে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপাদনকারী জল ও খনিজ অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব হইতে হাইড্রোজেন আয়ন তাহার উপরস্থ ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। কিন্তু তাহার নিম্নস্থ ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় না। জল ও খনিজ অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত ধাতুর সক্রিয়তাও নির্ভর করে তাহার আয়ন উৎপাদনের প্রবণতার উপর ; অর্থাৎ তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে তাহার স্থানের উপর। সুতরাং এই প্রবণতা হ্রাসের সঙ্গে জল ও অ্যাসিডের লঘু দ্রবের সহিত ধাতুর ক্রিয়ার প্রখরতা হ্রাস পায়। এই হেতু পটাসিয়ম ও সোডিয়ম প্রচণ্ডভাবে জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া জলে দ্রবণীয় তাহাদের হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করিয়া থাকে। অ্যাসিডীয় দ্রবের সহিত তাহাদের ক্রিয়ার প্রচণ্ডতা আরও অধিক।

$$2H_2O + 2Na = 2NaOH + H_2$$

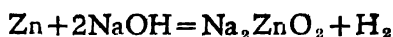
$$2HCl + 2K = 2KCl + H_2$$

কিন্তু এই পর্যায়ে ক্যালসিয়ম সোডিয়মের উপরে থাকিলেও তাহার হাইড্রক্সাইড জলে কম দ্রবণীয় হওয়ায় তাহার উপরে রক্ষণক্ষম ইহার একটি প্রলেপ পড়ে। সেই কারণে ক্যালসিয়ম জলের সহিত মাত্র মৃদুভাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। ম্যাগনেসিয়ম হাইড্রক্সাইড জলে প্রায় অদ্রবণীয় হওয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় ইহা জলের সহিত নিষ্ক্রিয়, কিন্তু ইহা এবং Al, Zn, Fe, Sn প্রভৃতি ধাতু স্টীমের সহিত ক্রিয়া করিয়া স্ব স্ব অক্সাইড এবং H_2 উৎপাদন করে।

$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$

HCl এবং H_2SO_4এর লঘু জলীয় দ্রবের সহিত ইহারা প্রবলভাবে ক্রিয়া করিয়া স্ব স্ব লবণ ও H_2 উৎপাদন করে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিভিন্ন ধাতুর ক্রিয়ায় বিভিন্ন ধাতব নাইট্রেট, জল ও ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয়। বিংশ অধ্যায়ে এই অ্যাসিডের গুণের আলোচনা প্রসঙ্গে ইহা বিবৃত হইয়াছে

Fe, Ni, Ag, Au এবং Pt বাদে অধিকাংশ ধাতুই গলিত কস্টিক সোডা (NaOH) দ্বারা আক্রান্ত হয়। Zn, Al এবং Sn কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক শ্রেণীর লবণ ও H_2 উৎপাদন করে।

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$
(সোডিয়ম জিঙ্কেট)

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$
(সোডিয়ম অ্যালুমিনেট)

ক্লোরিণের সহিত অধিকাংশ ধাতুই বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড নামক লবণ উৎপাদন করে, কিন্তু তাহাদের আয়ন উৎপাদন প্রবণতার হ্রাসের সঙ্গে ক্লোরিণের সহিত তাহাদের বিক্রিয়ার তীব্রতা কমিয়া থাকে।

সংকর ধাতু (Alloys)ঃ দুই বা ততোধিক ধাতুর দৃঢ় এবং নিবিড়ভাবে সংলগ্ন কঠিন বস্তুকে সংকর ধাতু বলে। বিভিন্ন অনুপাতের ধাতব উপাদানগুলিকে একত্রে গলাইবার পর উহাকে ঠাণ্ডা করিয়া জমাইয়া সাধারণতঃ ইহা প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতি ভিন্ন দুইটি ধাতুর একত্রে তাড়িত-পরিন্যাস (Electro-deposit) দ্বারা এবং অত্যধিক চাপ দ্বারা চূর্ণিত উপাদানগুলির মিশ্রকে একত্রে দৃঢ়রূপে সংলগ্ন করিয়াও কখন কখন সংকর ধাতু প্রস্তুত করা হয়। যেমন পটাসিয়ম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবে কপার ও জিঙ্ক সায়ানাইড গুলিয়া এবং তাহার ভিতরে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করিয়া ক্যাথোডে তাম্র ও দস্তা একত্রেপরিন্যাস করিয়া তাহাদের সংকর ধাতু পিতল (Brass) প্রস্তুত করা যায়।

সংকর ধাতুতে ধাতব উপাদানগুলি (১) কঠিন অবস্থায় পৃথকভাবে, (২) তাহাদের পরস্পরের কঠিন দ্রবরূপে অথবা (৩) পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক মিলন প্রসূত একাধিক যোগের কোন একটি উপাদানের সহিত কঠিন দ্রবরূপে থাকিতে পারে।

ধাতু মৌলের সংকরত্ব ঘটিলে তাহার দৃঢ়তা ও প্রসার্যতা বৃদ্ধি পায় এবং বাতাস সংস্পর্শজনিত ক্ষয় ও জারণ হ্রাস পায়। এই কারণেই পুরাকাল হইতে বিভিন্ন ধাতু বিশুদ্ধ অবস্থায় ব্যবহৃত না হইয়া তাহাদের সংকর ধাতু নানা প্রয়োজনে ব্যবহৃত হইতেছে। স্বর্ণ ও রৌপ্য তাম্রমিশ্রিত করিয়া নানাদেশে মুদ্রা, অলঙ্কার ও বাসনপত্রাদির প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইতেছে। পর পৃষ্ঠায় আঙ্কিক সংযুতি (Qualitative Composition) ও ব্যাবহারিক প্রয়োগসহ কয়েকটি অতি প্রয়োজনীয় সংকর ধাতু দেওয়া হইল।

সংকর ধাতু	আঙ্গিক সংযুতি	ব্যাবহারিক প্রয়োগ
১। পিতল (Brass)	তাম্র ও দস্তা	গৃহস্থালির নানারূপ বাসনপত্র, পাত, নল, টোটার গোড়ার অংশ প্রভৃতির প্রস্তুতিতে।
২। কাঁসা (Bell metal)	তাম্র ও রাং (Tin)	গৃহস্থালির নানাবিধ বাসন-পত্রাদি প্রস্তুতিতে।
৩। ব্রোঞ্জ (Bronze)	তাম্র ও রাং (সামান্য পরিমাণ দস্তা ও সীসা)	মুদ্রা, মূর্তি ও নানা যন্ত্রের অংশ-বিশেষ প্রস্তুতিতে।
৪। জার্মান সিলভার (German silver)	তাম্র, দস্তা ও নিকেল	পাত ও গৃহস্থালির বাসনপত্রাদি প্রস্তুতিতে।
৫। ডুরঅ্যালুমিন (Duralumin)	অ্যালুমিনিয়ম, তাম্র, ম্যাগনেসিয়ম ও ম্যাঙ্গানিজ	বিমান, পরিচালনীয় বেলুন (Dirigible), ভারবাহী মোটর গাড়ীর (Truck) ও রেল-গাড়ীর অংশাদি প্রস্তুতিতে।
৬। সাধারণ ঝাল (Common solder)	রাং ও সীসা	নানারূপ ঝালানোর কার্যে।
৭। টাইপ ধাতু (Type metal)	অ্যান্টিমনি, সীসা ও রাং	মুদ্রাযন্ত্রে ব্যবহৃত অক্ষর প্রস্তুতিতে।

৮। **সংকর ইস্পাত** (Alloy steels) :—সাধারণ ইস্পাতের সহিত সামান্য পরিমাণে সিলিকন, নিকেল, ক্রোমিয়ম, ভ্যানেডিয়ম, ম্যাঙ্গানিজ ও টাংস্টেন্ পৃথক-ভাবে মিশাইয়া বিভিন্ন বিশিষ্ট গুণ যুক্ত সংকর ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। এই সমস্ত সংকর ইস্পাত বর্তমানে নানা প্রকার প্রয়োজনীয় শিল্পজাত দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইতেছে। এইরূপ কয়েকটি সংকর ইস্পাত সম্বন্ধীয় বিবরণ পর পৃষ্ঠায় দেওয়া হইল :

সংকর ইস্পাতের নাম	দেয় ধাতুর নাম	গুণ	ব্যাবহারিক প্রয়োগ
১। নির্দাগ ইস্পাত (Stainless steel)	ক্রোমিয়ম	ক্ষয় ও মরিচা প্রতিরোধী	নির্দাগ বাসনপত্রাদি ও অস্ত্রোপচারের ছুরি, কাঁচি প্রভৃতির প্রস্তুতিতে।
২। নিকেল ইস্পাত (Nickel steel)	নিকেল	অত্যধিক স্থিতিস্থাপক ও প্রসার্য (Highly elastic & ductile)	নানাবিধ গাঠনিক কার্যে।
৩। ম্যাঙ্গানিজ ইস্পাত (Manganese steel)	ম্যাঙ্গানিজ	অত্যন্ত শক্ত ও ক্ষয়রোধী	পাথর চূর্ণকারী যন্ত্র নির্মাণে।
৪। ডিউরিরণ (Duriron)	সিলিকন (১৫%)	অ্যাসিডজাত ক্ষয়রোধী	অ্যাসিড রাখিবার বৃহৎ পাত্র নির্মাণে।

প্রশ্নমালা

১। ধাতু ও অধাতু মৌলের গুণের পার্থক্য সম্বন্ধে যাহা জান বিবৃত কর।

২। বিভিন্ন ধাতু কি কি রূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করে তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৩। নিম্নোক্ত পদগুলি ব্যাখ্যা কর :—
খনিজ, আকরিক, আকর-মল, বিগালক ও ধাতু-মল।

৪। নিম্নোক্ত প্রণালীগুলি সংক্ষেপে বুঝাইয়া দাও :—
(১) অনুপাত বৃদ্ধিকরণ, (২) ভস্মীকরণ, (৩) তাপ-জারণ ও (৪) বিগলন।

৫। বিভিন্ন ধাতু নিষ্কাশনে যে সমস্ত পদ্ধতি প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয় তাহা উদাহরণ ও সমীকরণসহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৬। তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায় কাহাকে বলে তাহা বিবৃত কর। এই পর্যায়ের সাহায্যে ধাতুসমূহ কিভাবে অক্সিজেন, জল এবং হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করে এবং কিভাবে তাহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত হয় তাহা ব্যাখ্যা কর।

৭। সংকর ধাতু কাহাকে বলে? কিভাবে তাহাদিগকে সাধারণতঃ প্রস্তুত করিতে হয়। আঙ্কিক সংযুতি ও ব্যাবহারিক প্রয়োগসহ চারিটি প্রয়োজনীয় সংকর ধাতু সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

ষড়বিংশ অধ্যায়

সোডিয়ম এবং তাম্র

সোডিয়ম (Sodium)

প্রতীক Na। পারমাণবিক গুরুত্ব, 23।

অবস্থান : অত্যধিক সক্রিয়তার জন্য সোডিয়ম অযুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে থাকিতে পারে না। কিন্তু ইহার নিম্নোক্ত খনিজগুলি বহুল পরিমাণে পাওয়া যায় :—

(১) সোডিয়ম ক্লোরাইড (NaCl) খাদ্য লবণ রূপে সমুদ্রের জলে ও কঠিন অবস্থায় খনিজ লবণের (Rock salt) আকারে পাওয়া যায়।

(২) চিলি-শোরা (Chili Salt-petre) রূপে সোডিয়ম নাইট্রেট ($NaNO_3$) চিলি, পেরু প্রভৃতি দক্ষিণ আমেরিকার বৃষ্টিহীন স্থানে পাওয়া যায়।

(৩) সাজিমাটি রূপে সোডিয়ম কারবনেট ভারতবর্ষে পাওয়া যায়।

(৪) সোহাগা (Borax, $Na_2B_4O_7$, $10H_2O$), টিনক্যাল (Tincal) রূপে উত্তর ভারতে, তিব্বতে ও ক্যালিফর্নিয়ায় পাওয়া যায়।

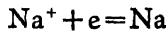
নিষ্কাশন : বর্তমানে (১) **কাস্টনার** (Castner) পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের (NaOH) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ দ্বারা এবং (২) **ডাউনস্** (Downs) পদ্ধতিতে উপযুক্ত পরিমাণের ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডযুক্ত গলিত সোডিয়ম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়ম ধাতু নিষ্কাশিত হয়।

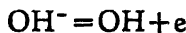
(১) **কাস্টনার পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে ইস্পাতের ক্যাথোড এবং নিকেলের অ্যানোড ব্যবহার করিয়া গলিত কস্টিক সোডার তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয়।

গলিত অবস্থায় কস্টিক সোডা নিম্নোক্ত ভাবে আয়নিত হয় :

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

Na^+ আয়ন ক্যাথোডের দিকে আকর্ষিত হইয়া তাহার সংস্পর্শে আসিবামাত্র একটি ইলেকট্রন লইয়া সোডিয়ম পরমাণুতে পরিণত হয়।

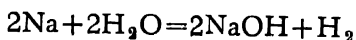
$$Na^+ + e = Na$$

অপর পক্ষে OH^- অ্যানোড দ্বারা আকর্ষিত হইয়া তাহার সংস্পর্শে আসিবামাত্র তাহাকে একটি ইলেকট্রন দিয়া তড়িৎ উদাসীন মূলকে রূপান্তরিত হয়।

$$OH^- = OH + e$$

এইরূপ রূপান্তরের সঙ্গে সঙ্গে চারিটি OH মূলক একত্রে বিক্রিয়া করিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিবর্তিত হয়।

চিত্র—৭৫

$$4OH = 2H_2O + O_2$$

এইভাবে উৎপন্ন জলের কিছু অংশ ক্যাথোড পর্যন্ত ব্যাপ্ত (Diffused) হইয়া উৎপন্ন সোডিয়মের সহিত বিক্রিয়া করে যাহার জন্য ক্যাথোডে সোডিয়মের সহিত কিছু হাইড্রোজেনও উৎপন্ন হয়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

একটি বিশেষ আকৃতির লৌহ-পাত্রে (চিত্র—৭৫) NaOH গলাইয়া তাহাকে তাড়িত-বিশ্লেষিত করা হয়।

(২) **ডাউনস্ পদ্ধতি**ঃ সোডিয়ম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 803°C। কিন্তু এই উষ্ণতায় NaCl ও উৎপন্ন Cl_2 অত্যন্ত ক্ষারী (Corrosive) এবং উৎপন্ন সোডিয়ম বাষ্পীভূত হইয়া একপ্রকার কুয়াসার সৃষ্টি করে যাহা সহজে ঘনীভূত হয় না। সেইজন্য ইহার $\frac{1}{4}$ ভাগ $CaCl_2$ মিশাইয়া NaCl-এর গলনাঙ্ক 620—650°C এর মধ্যে কমাইয়া আনা হয়।

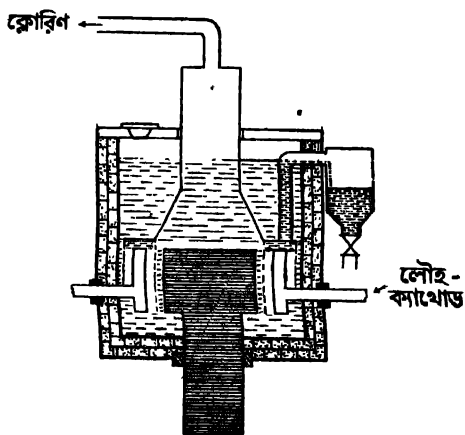
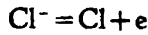
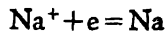
চিত্র—৭৬

অগ্নিসহ ইটের আস্তরযুক্ত একটি রুদ্ধ লৌহ পাত্রে (চিত্র—৭৬) লৌহের ক্যাথোড ও গ্রাফাইটের অ্যানোড লাগাইয়া তাহার মধ্যে কঠিন NaCl ও $CaCl_2$ এর মিশ্র লইতে হয় এবং উত্তপ্ত করিয়া গলাইতে হয়। তারপর বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত করিলে NaCl তাড়িত-বিশ্লেষিত হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়ম ও অ্যানোডে Cl_2 উৎপাদন করে

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$Na^+ + e = Na$$

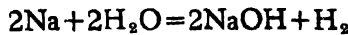
$$Cl^- = Cl + e$$

$$Cl + Cl = Cl_2$$

উৎপন্ন Na ও Cl_2 দুইটি পৃথক নলের ভিতর দিয়া বাহিরে আনীত হয়।

গুণ: সোডিয়ম একটি রজতশুভ্র দ্যুতিমান ধাতু। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকিলেও এত নরম যে ইহাকে ছুরির দ্বারা কাটা যায়। ইহা জল হইতে লঘুতর ; সাধারণ উষ্ণতায় ইহা শুষ্ক বাতাসের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসের সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা মলিন হইয়া পড়ে। কারণ তখন বাতাসের O_2, জলীয় বাষ্প ও CO_2 দ্বারা ইহা ক্রমশঃ আক্রান্ত হওয়ায় ইহার উপর একটি সর (film) পড়িয়া যায়। এই কারণে ইহা কেরোসিন অথবা পেট্রোলের ভিতর রক্ষিত হয়।

ইহা উত্তপ্ত হইলে উজ্জ্বল হরিদ্রা বর্ণের শিখাসহ বাতাসে ও অক্সিজেনে পুড়িয়া থাকে যাহার ফলে Na_2O ও Na_2O_2 এর মিশ্র উৎপন্ন হয়।

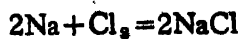
$$4Na + O_2 = 2Na_2O \ ; \ 2Na + O_2 = Na_2O_2$$

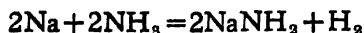
জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা NaOH ও H_2 উৎপাদন করে।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ার ফলে H_2 প্রতিস্থাপিত হয় এবং অনুরূপ লবণ উৎপন্ন হয়

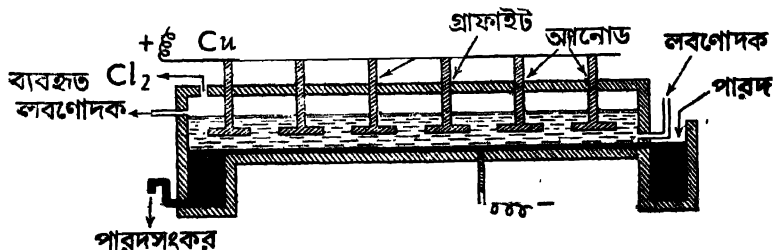
$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$$

উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা ক্লোরিণের সংস্পর্শে প্রজ্জলিত হইয়া ওঠে।

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা NH_3এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডামাইড ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে।

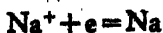
$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ সোডিয়ম পার-অক্সাইড, সোডিয়ম সায়ানাইড ও সোডামাইড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। জৈব পদার্থের বিশ্লেষণে ও কোন কোন জৈব পদার্থের সংশ্লেষণেও ইহার ব্যবহার আছে। ইহার পারদসংকর (Amalgam-solution of a metal in mercury) বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ম ও পটাসিয়মের সংকরধাতু উচ্চ উষ্ণতা মাপিবার থার্মোমিটার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

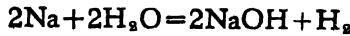
সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড বা কস্টিক সোডা (NaOH): সোডিয়ম্ হাইড্রক্সাইড প্রস্তুতির দুইটি শিল্প-পদ্ধতি আছে; (১) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic Process) ও (২) চুন-পদ্ধতি (Lime method)।

(১) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি: কেলনার-সলভে (Kellner-Solvay) পদ্ধতি :—এই পদ্ধতিতে প্রবাহমান পারদকে ক্যাথোডরূপে এবং একটি তামার দণ্ডের সাহায্যে পরস্পর সংলগ্ন কয়েকটি গ্রাফাইট-দণ্ডকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া

চিত্র—৭৭

প্রবাহমান লবণোদকের (Brine—খাদ্যলবণের গাঢ় জলীয়দ্রব) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয় (চিত্র—৭৭)। পারদ ও লবণোদকের প্রবাহ একই দিকে চালনা করা হয়।

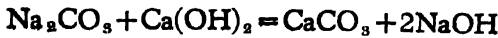
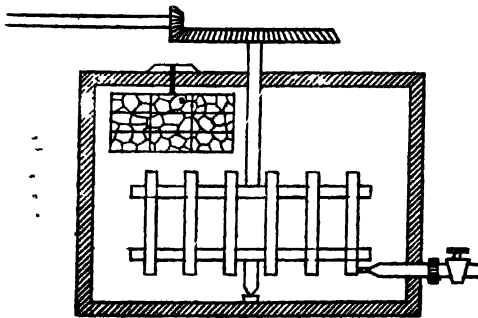
ক্লোরিণ অ্যানোডে মুক্ত হইয়া একটি মাটির নলের ভিতর দিয়া বাহিরে নীত হয় এবং সোডিয়ম পারদ-ক্যাথোডে মুক্ত হইয়া ও তাহাতে দ্রবীভূত হইয়া সোডিয়মের পারদসংকর (Sodium amalgam) সৃষ্টি করে।

$$2Cl^- = Cl_2 + 2e$$
$$Na^+ + e = Na$$

উৎপন্ন পারদসংকর অপেক্ষাকৃত নিচুতলে অবস্থিত একটি জলের চৌবাচ্চায় নীত হইলে উহার সোডিয়ম জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH) ও H_2 উৎপাদন করে এবং পারদ সোডিয়ম মুক্ত হইয়া পুনরায় ব্যবহৃত হয়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

এইরূপে উৎপন্ন NaOHএর জলীয় দ্রবে যখন NaOHএর শতকরা হার 80 হয় তখন তাহাকে লোহার কড়াইয়ে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং তাহা গলাইয়া ও পুনরায় ঘনীভূত করিয়া নানা আকারে রুদ্ধপাত্রে রক্ষিত হয়।

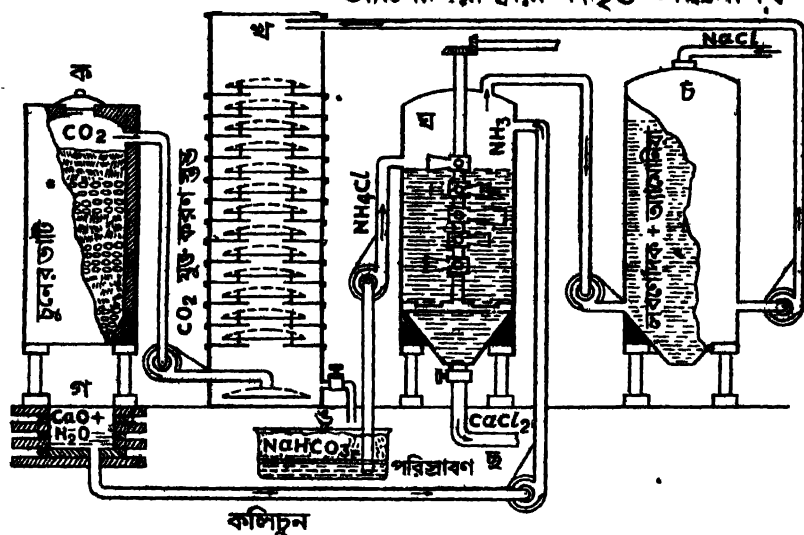
এই পদ্ধতিতে Cl_2 উপজাত (bye-product) রূপে পাওয়া যায়।

(২) **চুন-পদ্ধতি:** এই পদ্ধতিতে লঘু জলীয় দ্রবে ধৌতি-সোডার (washing soda—Na_2CO_3) সহিত কলিচুনের বিক্রিয়া ঘটান হয়, যাহার ফলে জলে দ্রবণীয় NaOH ও অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপাদিত হয়

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2NaOH$$

একটি লোহার চতুষ্কোণ চৌবাচ্চায় 20% ধৌতি-সোডার জলীয় দ্রব লইয়া উহার ভিতরে একটি তারজালির খাঁচায় কঠিন কলিচুন ডুবাইয়া রাখিতে হয়। তারপর তাহার মধ্যে ষ্টীম চালিত করিয়া উহার উষ্ণতা 80°-90°Cএর মধ্যে রাখিতে হয় এবং আলোড়কের সাহায্যে দ্রবটি আলোড়িত করিতে হয় (চিত্র – ৭৮)। মাঝে মাঝে আলোড়ন থামাইয়া এবং $CaCO_3$ এর গাদ্ নীচে থিতাইতে দিয়া উপরের স্বচ্ছ দ্রব HCl এর সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়—উহাতে কিছু Na_2CO_3 অবশিষ্ট আছে কিনা। উহাতে HCl দিয়া বুদ্বুদন না হইলে বুঝিতে হইবে যে Na_2CO_3 আর অবশিষ্ট নাই তখন চুনের খাঁচা সরাইয়া লইয়া উপরের স্বচ্ছ দ্রব লোহার কড়াইয়ে বাষ্পীভূত করিতে হয়। এসময়ে কিছু Na_2CO_3, Na_2SO_4 ও NaCl কেলাসিত হইয়া পড়ে। তখন এই সমস্ত কেলাসকে অপসারিত করিতে হয়। পরে প্রাপ্ত কঠিন NaOHকে পুনরায় গলাইয়া কঠিন অবস্থায় রুদ্ধ পাত্রে রাখা হয়।

চিত্র—৭৮

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : নানা শিল্পে ইহার ব্যবহার আছে। সাবান ও কাগজ প্রস্তুতিতে, সোডিয়ম ধাতু নিষ্কাশনে, কৃত্রিম রেশম উৎপাদনে ও পেট্রোলিয়ম শোধনে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বিকারকরূপেও পরীক্ষাগারে ইহা ব্যবহার করিতে হয়।

সোডিয়ম কারবনেট (Na_2CO_3) : ধৌতি-সোডা (Washing Soda) : সল্‌ভে পদ্ধতি (Solvay Process) : এই পদ্ধতিতে লবণোদককে অ্যামোনিয়া

চিত্র—৭৯

গ্যাস দ্বারা সংপৃক্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড চালনা করিতে হয় (চিত্র—৭৯)। তখন স্বল্প দ্রবণীয় সোডিয়ম বাই-কারবনেট উৎপন্ন হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

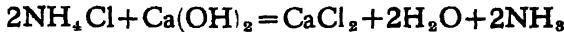
$$NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 = NaHCO_3 + NH_4Cl$$

বাই-কারবনেটকে ছাঁকিয়া লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া সোডিয়ম কারবনেট ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

এইভাবে উৎপন্ন CO_2 পুনরায় ব্যবহৃত হয়। উপজাত (Bye-product) রূপে

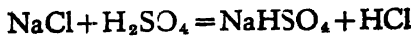
প্রাপ্ত NH_4Cl এর দ্রবের সহিত ষ্টীমের সাহায্যে কলিচুনের [$Ca(OH)_2$] বিক্রিয়া ঘটাইয়া NH_3 উৎপাদন করা হয় এবং তাহাও পুনরায় লবণোদকের সহিত ব্যবহৃত হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$

স্থতরাং এই পদ্ধতিতে ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড সর্বশেষ উপজাতরূপে পাওয়া যায়।

এই পদ্ধতিতে চুনা পাথর (Lime stone) উত্তপ্ত করিয়া CO_2 ও বাথারি চুন (CaO) উৎপাদন করা হয় এবং জলের সহিত CaO এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া কলিচুন উৎপাদন করা হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : কাচ, সাবান, বস্ত্র ও কাগজ শিল্পে সোডিয়ম কারবনেট প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। চুন-পদ্ধতিতে কষ্টিক সোডা প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়। কাপড় ও পোষাকাদি পরিষ্কারকরণে ও জলের খরতা দূরীকরণে ইহা ব্যবহার করিতে হয়। পরীক্ষাগারে বিকারকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

সোডিয়ম সালফেট (Na_2SO_4) **: প্রস্তুতি :** সমপরিমাণ খাদ্যলবণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে লইয়া ঢালাই লোহার কড়াইয়ে প্রথমে পরাবর্তচুল্লী (চিত্র – ৭৩) অথবা সংবৃতচুল্লীর নির্গমমান (flue) উত্তপ্ত গ্যাসে 200°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। তখন বিক্রিয়াকারকদ্বয়ের মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিয়া সোডিয়ম বাই-সালফেট ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়, কিন্তু প্রায় অর্ধেক NaCl অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকিয়া যায় :

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

নির্গত HCl gas একটি নির্গম-নলের সাহায্যে বাহিরে নীত হইয়া জলে শোষিত হয়। উপরোক্ত বিক্রিয়ার শেষের দিকে কড়াইয়ের তরল দ্রব্য লেইতুল্য (Pasty) হইলে উহা বড় লোহার হাতার সাহায্যে কড়া হইতে তুলিয়া চুল্লীর অগ্নিকুণ্ডের পার্শ্ববর্তী অপেক্ষাকৃত নিচু অংশে (Hearth) রাখা হয়; সেই স্থানের উষ্ণতায় (600°C) $NaHSO_4$ ও অপরিবর্তিত NaClএর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া পূর্ণ লবণ, সোডিয়ম সালফেট, (Na_2SO_4) ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$

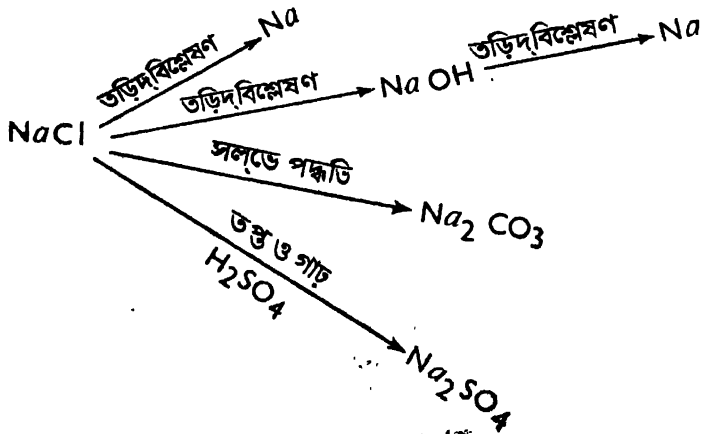
উৎপন্ন HCl গ্যাস নির্গম-নলের সাহায্যে বাহিরে নীত হইয়া জলে শোষিত হয় এবং Na_2SO_4 গলিত অবস্থাতে লোহার হাতার সাহায্যে চুল্লী হইতে বাহিরে

আনা হয়। তখন উহা জমিয়া পিষ্টকাকার ধারণ করে। সেইজন্য এই অবস্থায় ইহাকে লবণের পিষ্টক (Salt-Cake) বলা হয়।

এই পিষ্টক গুঁড়া করিয়া 32°C এর নিচু উষ্ণতায় স্টীমের সাহায্যে জলে দ্রবীভূত করা হয় এবং উহাতে যে সামান্য পরিমাণ অপরিবর্তিত H_2SO_4 থাকে তাহা কলি-চুনের সাহায্যে প্রশমিত করা হয়। তারপর উহা ছাঁকিয়া লইয়া ঠাণ্ডা করিলে 10 অণু জল সহ সোডিয়ম সালফেট কেলাসিত হয় ($Na_2SO_4, 10H_2O$) ইহাকে গ্লবার লবণ (Glauber's Salt) বলে। কিন্তু 32°C এর উর্ধ্বে কেলাসিত করিলে অনার্দ্র সোডিয়ম সালফেট (Na_2SO_4), কেলাসিত হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : কাচ ও কাগজ শিল্পে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ম সালফাইড প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে। গ্লবার লবণ জোলাপ (Purgative) হিসাবেও ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়ম যৌগের পরিচায়ক পরীক্ষা : একখানা কাচদণ্ড সংলগ্ন একটি পরিষ্কার প্ল্যাটিনম তার গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত করিয়া এবং তাহাতে অতি সামান্য পরিমাণে কোন সোডিয়ম যৌগ লইয়া অনুজ্জ্বল বুনসেন শিখায় ধরিলে উহা স্বর্ণাভ হরিদ্রাবর্ণের হয়।

শেষ মন্তব্য : সোডিয়ম ও তাহার যৌগসমূহের প্রস্তুতিতে তাহার প্রকৃতিজাত যৌগ খাদ্যলবণ (NaCl) প্রারম্ভিক কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয় ; কারণ প্রত্যক্ষ

ও পরোক্ষভাবে এই যৌগ সোডিয়মও তাহার যৌগসমূহ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। উপরে ইহার কয়েকটি দৃষ্টান্ত প্রদর্শিত হইল :

কাচ (Glass): যে বস্তুকে আমরা কাচ বলি তাহা একটি বিশুদ্ধ পদার্থ বা অপদ্রব্যহীন একটি পদার্থ নহে। ইহা সাধারণতঃ দুইটি ধাতব সিলিকেটের সমসত্ব মিশ্র। ধাতু দুইটির মধ্যে একটি সোডিয়ম বা পটাসিয়ম অন্যটি ক্যালসিয়ম বা সীসা। যদিও ইহার কোন স্থায়ী রাসায়নিক সংযুতি নাই তবুও মোটামুটিভাবে $A_2O, BO, 6SiO_2$ দ্বারা ইহা ব্যক্ত করা যাইতে পারে

এখানে, $A = Na$ অথবা K

এবং $B = Ca$ " Pb

কাচকে চারি শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে ; যথা—

(১) সোডা-চুন কাচ বা নরম কাচ ($Na_2O, CaO, 6SiO_2$): ইহাই সাধারণ কাচ। জানালা-দরজার কাচ, কাচের চাদর (Plate), পরীক্ষাগারের সাধারণ যন্ত্রপাতি এই শ্রেণীর কাচ দ্বারা প্রস্তুত হয়।

(২) পটাশ-চুন কাচ বা শক্ত কাচ ($K_2O, CaO, 6SiO_2$): ইহা সাধারণ রাসায়নিক দ্রব্যদ্বারা আক্রান্ত হয় না এবং অপেক্ষাকৃত উচ্চতর উষ্ণতায় গলিত হয়। সেই কারণে শ্রেষ্ঠতর যন্ত্রপাতি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(৩) পটাশ-সীসক কাচ বা ফ্লিন্ট কাচ ($K_2O, PbO, 6SiO_2$): চশমার ও আলোকবিজ্ঞানে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির কাচ এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

(৪) বোতল-কাচ (Bottle glass): ইহা আয়রণ সিলিকেটযুক্ত সোডা-চুন কাচ। সেইজন্য ইহাতে সামান্য রঙ্গীন আভা আছে। শিশি, বোতল প্রভৃতি এই কাচ হইতে প্রস্তুত করা হয়।

কাচ প্রস্তুতি: কাচ প্রস্তুতিতে ক্ষার, চুন, সীসকযৌগ ও বালির প্রয়োজন। ক্ষার সোডিয়ম অথবা পটাসিয়মের সালফেট কিংবা কার্বনেট রূপে, চুন, চুনাপাথর, খড়িমাটি বা মারবেল রূপে, সীসকযৌগ মুদ্রাশঙ্খ (Litharge-PbO) অথবা সীসশ্বেত বা সফেদা (White lead) রূপে কাচ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহাতে রংহীন বালি কিংবা স্ফটিকচূর্ণ (Quartz) কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

এই সমস্ত কাঁচামাল সম্পূর্ণরূপে ফেরাসযৌগ এবং অঙ্গারময় দ্রব্য হইতে মুক্ত হওয়া উচিত ; কারণ ইহাদের অবস্থিতিতে কাচে যথাক্রমে গাঢ় সবুজ ও পীত রং আসে যাহা অত্যন্ত আপত্তিকর। কাচে এই সমস্ত রং যাহাতে না আসে সেইজন্য ইহার প্রস্তুতির শেষের দিকে চুনকাচে শোরা বা পাইরোলুসাইট (Pyrolusite—MnO_2) এবং সীসক কাচে মেটে সিন্দুর (Red lead) জারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়। এই হেতু এই সমস্ত জারকদ্রব্য "কাচ প্রস্তুতকারকের সাবান" নামে অভিহিত।

প্রথমে উপাদানগুলিকে চূর্ণ করিয়া প্রয়োজনীয় অনুপাতে নিবিড়ভাবে মিশাইতে হয়। এই মিশ্রকে ব্যাচ (Batch) বলে। ইহার সহিত কিউলেট (Cullet) নামে অভিহিত সমশ্রেণীর পুরাতন কাচচূর্ণ মিশাইয়া অগ্নিসহ মৃত্তিকা-পাত্রে বিশেষভাবে তৈয়ারী চুল্লীতে প্রোডিউসার গ্যাস পোড়াইয়া গলাইতে হয়। কিউলেট কাঁচামাল গলান সহজ করে। পাত্রটি একবারেই কাঁচামাল দ্বারা ভর্তি করিয়া গলান হয় না। প্রথমে পাত্রে কিছু কাঁচামাল ও কিউলেটচূর্ণের মিশ্র রাখিয়া তাহা গলাইতে হয়। তারপর তাহাতে আরও মিশ্র দিয়া তাহা গলাইতে হয়। এইরূপে ক্রমে ক্রমে পাত্রটি গলিত মিশ্র দ্বারা ভর্তি করিতে হয়। তখন প্রয়োজন হইলে জারক দ্রব্য দিতে হয়। তারপর CO_2, SO_2, O_2 প্রভৃতি গ্যাসের বুদ্‌বুদ্‌ কাটা শেষ না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে হয়। তরল কাচের উপরে গাদ উঠিলে তাহা অপসারিত করিতে হয়। রঙীন কাচ প্রস্তুত করিতে হইলে বিশেষ বিশেষ ধাতব অক্সাইড বা কয়লা এই সময়ে গলিত কাচের সহিত নিবিড়ভাবে মিশাইতে হয়। যেমন, Cu_2O সহযোগে কাচ লাল বর্ণের এবং CuO সহযোগে নীল বর্ণের হয়। তারপর গলিত কাচ হয় ছাঁচে ঢালাই করা হয় নতুবা কিছু ঠাণ্ডা করিয়া লেইএর মত হইলে নলের সাহায্যে তুলিয়া ফুৎকারের সাহায্যে নানা আকৃতির যন্ত্রপাতি প্রস্তুত করা হয়। প্রস্তুত করিবার পর এই সমস্ত যন্ত্রপাতি বাহিরের বাতাসে তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা না করিয়া কক্ষমধ্যের উষ্ণতা আস্তে আস্তে কমাইয়া ঠাণ্ডা করিতে হয়। এইরূপে ঠাণ্ডা করিবার পদ্ধতিকে **কোমলায়ন** (Annealing) বলে। এইরূপে ঠাণ্ডা না করিলে কাচদ্রব্য সহজেই ভাঙ্গিয়া পড়ে।

তাম্র (Copper)

প্রতীক, Cu। পরমাণবিক গুরুত্ব, 63·5

অবস্থান: উত্তর আমেরিকা, রাশিয়া, সাইবেরিয়া ও উত্তর আসামে কিছু পরিমাণ তাম্র মুক্ত অবস্থায় থাকিতে দেখা যায়। কিন্তু প্রকৃতিতে নানা রূপে তাম্রের আকরিক অবস্থান করে যাহাদের মধ্যে নিম্নোক্তগুলি প্রধান:

(১) **তাম্রমাক্ষিক** (Copper pyrites—$CuFeS_2$)
বিহারের অন্তর্গত মুসাবানিতে ইহা সামান্য পরিমাণে পাওয়া যায়।

(২) **ক্যালকোসাইট অথবা কপার গ্ল্যান্স** (Chalcocite or Copper glance —Cu_2S)

(৩) **রুবী ওর** (Ruby ore—Cu_2O)

(৪) ম্যালাকাইট (Malachite—$CuCO_3$, $Cu(OH)_2$

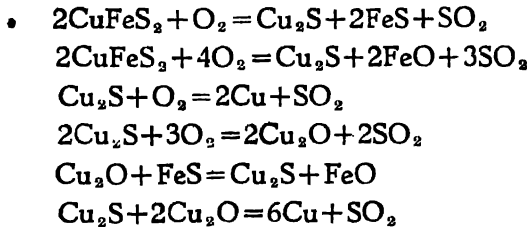
(৫) অ্যাজিউরাইট (Azurite—$2CuCO_3$, $Cu(OH)_2$

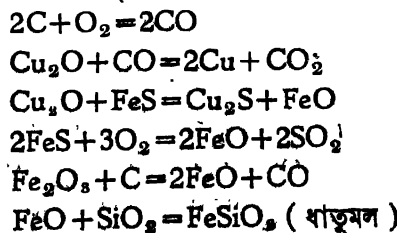
নিষ্কাশন (তাম্রমাক্ষিক হইতে): তাম্রমাক্ষিক তাম্র ও লৌহের যুক্ত সালফাইড—Cu_2S, Fe_2S_3 ($CuFeS_2$)। ইহা হইতে লৌহ ও গন্ধক অপসারিত করা সহজসাধ্য না হওয়ায় এইকার্যে নিম্নোক্ত পদ্ধতিগুলি অবলম্বন করা হয়ঃ

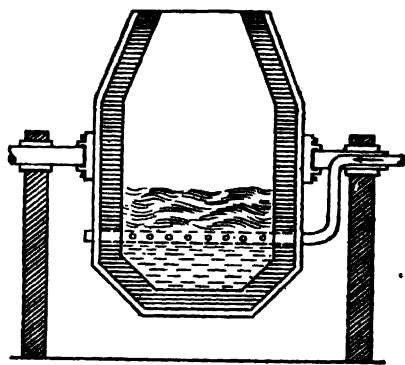
(১) আকরিকের অনুপাত বৃদ্ধি করণ; (২) তাপ-জারণ; (৩) বিগলন; (৪) মারুত-জারণ ও (৫) শোধন।

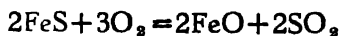
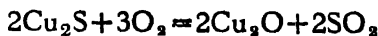
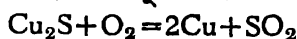
(১) **অনুপাত বৃদ্ধি করণ**: এই আকরিকে তাম্রমাক্ষিকের শতকরা হার 2-3এর বেশী থাকে না। ইহাকে যন্ত্র সাহায্যে চূর্ণ করিয়া ২৪৯ পৃষ্ঠায় বর্ণিত তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে উহার শতকরা হার 30—35 পর্যন্ত বৃদ্ধি করা হয়।

(২) **তাপ-জারণ**: এইরূপে অনুপাত বৃদ্ধি প্রাপ্ত আকরিককে বাতাসে জ্বালানির সাহায্যে তাপজারিত করা হয়। ইহাতে আকরিককে না গলাইয়া শুধু লোহিত-তপ্ত করা হয় যাহার ফলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে

$$2CuFeS_2+O_2=Cu_2S+2FeS+SO_2$$
$$2CuFeS_2+4O_2=Cu_2S+2FeO+3SO_2$$
$$Cu_2S+O_2=2Cu+SO_2$$
$$2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$$
$$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$$
$$Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2$$

(৩) **বিগলন**: এইরূপে তাপ-জারিত আকরিকের সহিত কিছু অভর্জিত (unroasted) আকরিক ও বালি বিগালকরূপে মিশাইয়া তাহা বালির আস্তরযুক্ত বৃহৎ পরাবর্ত চুল্লীতে (চিত্র—৭৩) কোকের গুঁড়া অথবা পেট্রোল বাষ্প ও বাতাসের মিশ্রের দহনে বিগলিত করা হয় যাহার ফলস্বরূপ নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে ও অধিক পরিমাণ লৌহ ধাতুমলে পরিণত হয়

$$2C+O_2=2CO$$
$$Cu_2O+CO=2Cu+CO_2$$
$$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$$
$$2FeS+3O_2=2FeO+2SO_2$$
$$Fe_2O_3+C=2FeO+CO$$
$$FeO+SiO_2=FeSiO_3 \text{ (ধাতুমল)}$$

এই প্রক্রিয়ার পরে যে গলিত বস্তু পাওয়া যায় তাহা Cu_2S ও FeS এর মিশ্র ; ইহাকে ম্যাট (Matte) বলে।

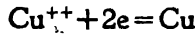
(৪) **মারুত-জারণ ঃ** পরাবর্ত চুল্লী হইতে গলিত ম্যাট একটি বৃহৎ বিসেমার কন্‌ভার্টারে (Bissemer Converter) (চিত্র—৮০) লইয়া FeOকে $FeSiO_3$ নামক ধাতুমলে পরিণত করিবার জন্য তাহাতে সিলিকা (SiO_2) বা বালি মিশাইয়া কনভার্টারের মধ্যস্থিত একটি নলের সাহায্যে তাহার ভিতর দিয়া কয়েক ঘণ্টার জন্য উচ্চ চাপে বাতাস চালিত করা হয়। এই পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে, যে কারণে উৎপন্ন FeO গলিত $FeSiO_3$ রূপ ধাতুমলে পরিণত হয় এবং ধাতব তাম্র উৎপন্ন হয়

চিত্র—৮০

$$Cu_2S+O_2=2Cu+SO_2$$
$$2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$$
$$Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2$$
$$2FeS+3O_2=2FeO+2SO_2$$
$$FeO+SiO_2=FeSiO_3 \text{ (ধাতুমল)}$$

ধাতুমল সরাইয়া লইয়া গলিত তাম্র পিণ্ডাকারে জমান হয়। জমিবার সময় ইহার মধ্যে দ্রবীভূত SO_2 নির্গত হইয়া যায় ; সেইজন্য এইরূপে প্রাপ্ত তাম্রের উপরিভাগ ফোস্কার ন্যায় দেখিতে হয় এবং ইহাকে ব্লিস্টার বা ফোস্কা-তাম্র (Blister Copper) বলে।

(৫) **শোধন ঃ** (১) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ ও (২) কাষ্ঠ বা বংশদণ্ড-বিজারণ— এই দুইটি পদ্ধতিতে ফোস্কা-তাম্রকে বিশুদ্ধ করা হয়।

(১) **তড়িদ্‌বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত কপার সালফেটের জলীয় দ্রবে পুরু ও চতুষ্কোণাকৃতির ফোস্কা-তাম্রের কয়েকটি খণ্ডকে অ্যানোডরূপে এবং প্রত্যেক দুইটি এইরূপ তাম্রখণ্ডের মধ্যে একটি করিয়া বিশুদ্ধ তাম্রের সরু পাত ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালনা করিলে অ্যানোড হইতে তাম্র আয়নিত হইয়া জলে দ্রবীভূত হয় এবং তাম্রের আয়ন ক্যাথোড

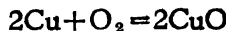
হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার পর বিশুদ্ধ ধাতব তাম্রে পরিণত হইয়া তাহাতে পরিন্যস্ত (Deposited) হয়

$$Cu = Cu^{++} + 2e$$
$$Cu^{++} + 2e = Cu$$

এইজন্য অ্যানোড ক্রমশঃ সরু ও ক্যাথোড ক্রমশঃ পুরু হইতে থাকে।

(২) **কাষ্ঠ বা বংশদণ্ড-বিজারণ ঃ** ফোস্কা-তাম্রকে বালির আস্তর যুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে বাতাসে গলাইয়া অপদ্রব্যরূপে অবস্থিত অবর ধাতুগুলি জারিত করিয়া তাহাদিগকে অক্সাইডে পরিণত করা হয়; তখন ঐ সমস্ত অক্সাইড চুল্লীর আস্তরের বালির সহিত যুক্ত হইয়া গলিত ধাতব সিলিকেটরূপ ধাতুমলে পরিণত হয় এবং গাদের আকারে গলিত ধাতুর উপরে ভাসিয়া ওঠে। তাহাকে তুলিয়া ফেলিয়া এবং তারপর কিছু কোকচূর্ণ গলিত তাম্রের উপর ছড়াইয়া দিয়া একটি কাঁচা কাষ্ঠ বা বংশদণ্ড দ্বারা আলোড়িত করিলে গলিত তাম্রে সামান্য পরিমাণে অবস্থিত কপার অক্সাইড কয়লা ও উৎপন্ন হাইড্রোকারবন দ্বারা বিজারিত হওয়ায় বিশুদ্ধতর তাম্র উৎপন্ন হয়।

গুণ ঃ তাম্রের একটি নিজস্ব বিশেষ লাল রং আছে যাহাকে তাম্রলাল বলা হয়। ইহার ঘাতসহতা এবং তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহিতা সমধিক।

সাধারণ উষ্ণতায় শুষ্ক বাতাসের দ্বারা ইহা আক্রান্ত হয় না, কিন্তু আর্দ্র বাতাসে দীর্ঘকাল থাকিলে ইহা ধীরে ধীরে আক্রান্ত হওয়ায় উপরে সবুজবর্ণের ইহার ক্ষারকীয় কারবনেট অথবা সালফেটের একটি সূক্ষ্ম আবরণ পড়ে। বাতাসে কিংবা অক্সিজেনে উত্তপ্ত হইলে ইহা জারিত হইয়া কাল কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত কোন উষ্ণতাতেই ইহার বিক্রিয়া হয় না। ফুটন্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকায় বিভক্ত তাম্রের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও H_2 উৎপাদন করে

$$2Cu + 2HCl = Cu_2Cl_2 + H_2$$

ফুটন্ত গাঢ় H_2SO_4 তাম্রের সহিত বিক্রিয়া করিয়া $CuSO_4$, জল ও SO_2 উৎপাদন করে

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

সকল অবস্থাতেই HNO_3 তাম্রের সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে। HNO_3 প্রসঙ্গে এ. বিষয় আলোচিত হইয়াছে। ক্ষারক পদার্থের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : গৃহস্থালির বাসন পাত্রাদি, বিদ্যুৎ-শিল্পে ব্যবহৃত তার ও অন্যান্য বহুপ্রকার যন্ত্রপাতি, মুদ্রা ও নানাপ্রকার প্রয়োজনীয় সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে তাম্র বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। নিম্নে তাম্রের কয়েকটি অতি প্রয়োজনীয় সংকর ধাতু উল্লেখ করা হইল :

১। দস্তার সহিত……পিতল
২। রাংএর সহিত… …ব্রোঞ্জ ও কাঁসা
৩। দস্তা ও নিকেলের সহিত……জার্মানসিলভার
৪। অ্যালুমিনিয়মের সহিত……অ্যালুমিনিয়ম ব্রোঞ্জ

কপার সালফেট—$CuSO_4, 5H_2O$—**নীলভিট্রিয়ল (তুঁতিয়া) :—প্রস্তুতি :**

গাঢ় H_2SO_4 তামার চোকলা সহযোগে ফুটাইলে $CuSO_4$, জল ও SO_2 উৎপন্ন হয়

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

উৎপন্ন $CuSO_4$এর জলীয় দ্রবটি ফুটাইয়া গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে $CuSO_4$এর নীলবর্ণের সোদক কেলাস ($CuSO_4, 5H_2O$) পাওয়া যায়।

অধিক পরিমাণে তুঁতিয়া প্রস্তুত করিতে হইলে তাম্রমাক্ষিক অল্প উষ্ণতায় বায়ু-প্রবাহে তাপজারিত করিতে হয়। ইহাতে কপার সালফাইড জারিত হইয়া জলে দ্রবণীয় কপার সালফেটে এবং আয়রণ সালফাইড জারিত হইয়া আয়রণ অক্সাইডে পরিণত হয়। তারপর এইরূপে জারিত বস্তুকে জলের সহিত ফুটাইয়া লইলে $CuSO_4$এর জলীয় দ্রব প্রস্তুত হয়। তখন তাহাকে সাধারণ উপায়ে কেলাসিত করা হয়।

প্রশ্নমালা

১। সোডিয়ম নিষ্কাশনে যে সমস্ত বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর।

২। কস্টিক সোডা প্রস্তুতির তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার কি কি ব্যাবহারিক প্রয়োগ আছে?

৩। সোডিয়ম ক্লোরাইড হইতে কিভাবে (১) সোডিয়ম, (২) ক্লোরিণ, (৩) কস্টিক সোডা ও (৪) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাওয়া যায় তাহা বর্ণনা কর।

৪। ধৌতি সোডা প্রস্তুতির সল্‌ভে পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৫। নিম্নোক্ত পদার্থ দুইটি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? (ক) Na_2CO_3 হইতে NaOH; (খ) NaCl হইতে Na_2SO_4,

৬। কাচ কি প্রকার বস্তু? ইহার প্রস্তুত পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৭। সংকেত সহ তাম্রের প্রধান প্রধান আকরিকের নাম লিখ। সালফাইড আকরিক হইতে তাম্র নিষ্কাশনে যে সমস্ত প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয় সমীকরণ সহ তাহা সংক্ষেপে বিবৃত কর?

৮। তাম্রের প্রধান গুণগুলির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

৯। তুঁতিয়া বলিতে কি বুঝায়? কি ভাবে ইহা পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যায়? কি ভাবে ইহা অধিক পরিমাণে প্রস্তুত করা যাইতে পারে?

সপ্তবিংশ অধ্যায়

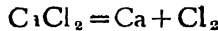
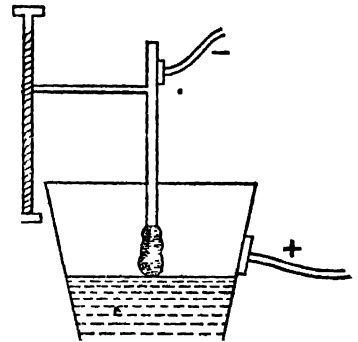
ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও দস্তা

ক্যালসিয়ম (Calcium)

প্রতীক, Ca। পারমাণবিক গুরুত্ব, 40।

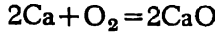
অবস্থান : প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ক্যালসিয়ম পাওয়া যায় না। ইহার প্রাকৃতিক যৌগগুলি হইল—(১) চুণাপাথর, মারবেল ও খড়িমাটি রূপে ইহার কারবনেট ($CaCO_3$) ; ঝিনুক এবং শামুকের খোলও $CaCO_3$ দ্বারা গঠিত। (২) অ্যানহাইড্রাইট (Anhydrite) রূপে ইহার সালফেট ($CaSO_4$) এবং (৩) জিপসম (Gypsum) রূপে ইহার সোদক সালফেট ($CaSO_4, 2H_2O$)। (৪) ফ্লোরস্পার (Fluorspar) রূপে ইহার ফ্লোরাইড CaF_2। (৫) খনিজ সোম্ব্রারাইট (Sombrerite) রূপে ইহার ফসফেট $Ca_3(PO_4)_2$; জীবজন্তুর হাড় ক্যালসিয়ম ফসফেটে গঠিত।

নিষ্কাশন : গলিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যালসিয়ম প্রস্তুত করা হয়।

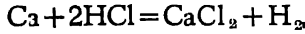
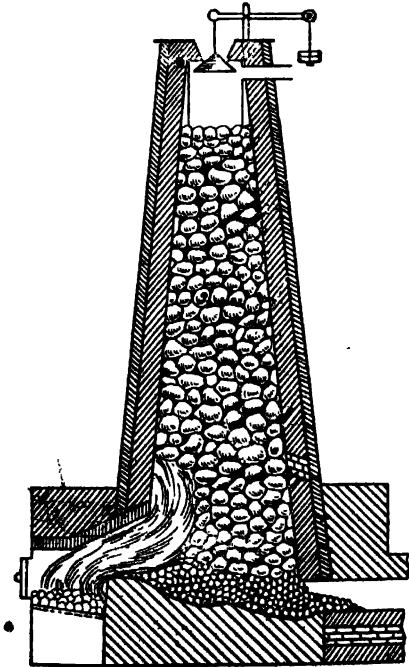
$$CaCl_2 = Ca + Cl_2$$

একটি গ্রাফাইটের মুচিতে $CaCl_2$ লইয়া তাহার গলনাঙ্ক কমাইবার জন্য তাহাতে কিছু ফ্লোরস্পার (CaF_2) মিশান হয়। তারপর ঐ মিশ্রকে গলাইয়া উহার উপরিতল একটি ফাঁপা লৌহদণ্ড দ্বারা মাত্র স্পর্শ করাইয়া খাড়া অবস্থায় রাখিতে হয় (চিত্র—৮১)। ঐ লৌহদণ্ডের ভিতর দিয়া শীতল জলপ্রবাহ চালিত করিয়া উহা ঠাণ্ডা রাখিতে হয়। এই অবস্থায় উহাকে ক্যাথোডরূপে এবং মুচিকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হয়।

চিত্র—৮১

উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে ক্যালসিয়ম লৌহ-ক্যাথোডে কঠিন অবস্থায় পরিত্যক্ত হয়। তখন লৌহ-ক্যাথোডটি যান্ত্রিক উপায়ে ধীরে ধীরে উপর দিকে তুলিলে একটি ক্যালসিয়ম-দণ্ডের সৃষ্টি হয়।

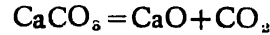
গুণঃ ক্যালসিয়ম একটি রজতশুভ্র নরম ও ঘাতসহ ধাতু। বাতাসে ইহা মলিন হইয়া যায়। বাতাসে উত্তপ্ত করিলে ইহা জলিয়া ওঠে এবং ইহার অক্সাইড চুন CaO উৎপাদিত হয়।

$$2Ca+O_2=2CaO$$

ইহা H_2, N_2, হ্যালোজেনসমূহ, গন্ধক ও কারবনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে হাইড্রাইড (CaH_2), নাইট্রাইড (Ca_3N_2), হ্যালাইড CaX_2, সালফাইড (CaS) ও কারবাইড (CaC_2) উৎপাদিত করে।

জলের সহিত ইহা ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া H_2 ও $Ca(OH)_2$ উৎপাদিত করে।

অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ার ফলে H_2 প্রতিস্থাপিত হয় এবং অনুরূপ লবণ উৎপন্ন হয়। $Ca+2HCl=CaCl_2+H_2$

বাখারি চুন (Quick lime) ; ক্যালসিয়ম অক্সাইড (CaO)

চিত্র—৮২

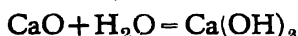
প্রস্তুতি: তাপ প্রয়োগে চুনাপাথর বিযোজিত করিয়া বাখারি চুন প্রস্তুত করা হয়

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

ইহাতে CO_2 উপজাত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়।

চুনের ভাটি (Lime Kiln) নামক দীর্ঘ গম্বুজাকৃতি চুল্লীতে (চিত্র—৮২) চুনা পাথরের টুকরা লওয়া হয়। চুল্লীর নীচের এক পাশে অগ্নিকুণ্ড থাকে যেখানে কয়লা জ্বালাইয়া উত্তপ্ত গ্যাস চুল্লীমধ্যস্থ সজ্জিত চুনাপাথরের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। উহার নীচের অপর পার্শ্বস্থ নির্গম-পথ দিয়া উৎপন্ন চুন বাহির করিয়া লওয়া হয়। **চুল্লীর অভ্যন্তরের উষ্ণতা 1000°C-এর নিকটবর্তী হইলে $CaCO_3$ বিযোজিত হয়।**

বাখারি চুনের ব্যাবহারিক প্রয়োগ : বাখারি চুন নিরুদক হিসাবে এবং অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। কলিচুন ও ক্যালসিয়ম কারবাইড উৎপাদনেও ইহা ব্যবহার করিতে হয়। কোন কোন ধাতু নিষ্কাশনে বিগালকরূপে ইহার প্রয়োগ আছে। ইহার উপর অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা ফেলিয়া অত্যুজ্জ্বল লাইমলাইট (Limelight) প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

কলিচুন [**Slaked lime—Ca(OH)$_2$**] **:** বাখারিচুনে জল সংযোগ করিলে তাপ বিকিরণসহ উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া কলিচুন উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়াকে চুন ফুটান (Slaking of lime) বলে।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয়। ইহার জলীয় দ্রবকে চুনের জল (Lime water) বলে। কিন্তু জলের সহিত অপেক্ষাকৃত অধিক পরিমাণ কলিচুন আলোড়িত করিলে দুধের মত এক প্রকার সাদা মিশ্র পাওয়া যায়। ইহাকে চুন-গোলা (Milk of lime) বলে।

কলিচুনের ব্যাবহারিক প্রয়োগ : বালির সহিত মিশ্রিত হইয়া কলিচুন ইট ও পাথরের টুকরার গাঁথনি-মসলা (Mortar) রূপে ব্যবহৃত হয়। কাচ, বিরঞ্জকচূর্ণ, কস্টিক সোডা, কংক্রীট (Concrete) প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ইহা অপরিহার্য। বীজ বারক ও জমির সার হিসাবে ইহার প্রয়োগ আছে। পশুচর্ম হইতে লোম অপসারণের কাজে ইহার ব্যবহার আছে।

সিমেণ্ট (Cement) : চুনাপাথর চূর্ণের সহিত শতকরা 10 ভাগ বিশেষ শ্রেণীর কর্দম মিশ্রিত করিয়া এবং ঘূর্ণচুল্লীতে অত্যধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে যে দ্রব্য পাওয়া যায় তাহা মিহিভাবে চূর্ণ করিয়া সিমেণ্ট প্রস্তুত করা হয়। অনেক সময়ে এই মিহি চূর্ণের সহিত শতকরা 2·5—3 ভাগ জিপসমচূর্ণ মিশান হয়।

সিমেণ্ট জল সহযোগে লেইএর মত করিয়া রাখিলে জমিয়া অত্যন্ত কঠিন ও দৃঢ় হইয়া পড়ে। এমন কি জলের মধ্যেও ইহা জমিয়া যায়। সিমেণ্টের এইভাবে জমানকে উহার সেটিং (Setting of Cement) বলে। এই গুণের জন্য বালির সহিত মিশাইয়া ইমারত, রাস্তা, সেতু প্রভৃতির গঠন কার্যে ইহা ব্যবহৃত হয়। সিমেণ্ট, বালি ও পাথরকুচির মিশ্র দ্বারা কংক্রীট প্রস্তুত করা হয়; ইহা গাঠনিক দ্রব্য (Building material) রূপে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

প্যারিস প্লাস্টার (Plaster of Paris)—2CaSO$_4$, H$_2$O : 120°C পর্যন্ত

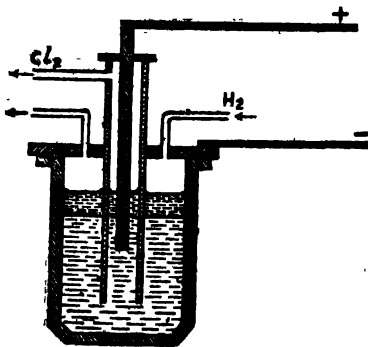
জিপ্‌সম উত্তপ্ত করিয়া তাহার সোদক জল আংশিকভাগে অপসারিত করিয়া প্যারিস-প্লাস্টার তৈয়ারি করা হয়। ইহা জল সহযোগে শক্ত হইয়া পড়ে।

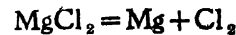
মূর্তি ও ছাঁচ গঠনে এবং ভগ্নাঙ্গ বন্ধন-দ্রব্য (Bandage) রূপে প্যারিস-প্লাস্টার ব্যবহৃত হয়।

ম্যাগনেসিয়ম (Magnesium)

প্রতীক, Mg। পারমাণবিক গুরুত্ব, 24।

অবস্থান: প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ম্যাগনেসিয়ম দেখিতে পাওয়া যায় না। ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) এবং ডলোমাইট, $MgCO_3$ ($CaCO_3$) হইল ইহার দুইটি প্রসিদ্ধ খনিজ। জার্মানীর স্ট্যাসফর্ট প্রদেশের লবণ খনিতে কাইসেরাইট (Kieserite—$MgSO_4$, H_2O), কারণালাইট (Carnallite—KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) ও কেনাইট (Kainite—KCl, $MgSO_4$, $3H_2O$) নামক তিনটি খনিজে ইহার লবণ বিদ্যমান। ইহার আর একটি খনিজ ট্যাল্ক (Talc) হইতে গায়ে মাখিবার পাউডার তৈয়ারি হয়। অ্যাসবেস্টস্ (Asbestos) ইহার আর একটি খনিজ।

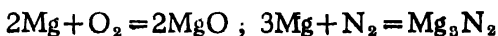
নিষ্কাশন: একটি ঢাকা লৌহ পাত্রে (চিত্র—৮৩) কারণালাইট গলান হয়। তাহার মধ্যস্থলে পোরসিলেনের নলমধ্যস্থিত একটি গ্রাফাইট দণ্ড আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখা হয়। তারপর H_2-গ্যাসের উপস্থিতিতে লৌহপাত্রকে ক্যাথোড ও গ্রাফাইট-দণ্ডকে অ্যানোড রূপে ব্যবহার করিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত করিলে শুধু $MgCl_2$ তাড়িত বিশ্লিষ্ট হইয়া Mg এবং Cl_2 উৎপাদিত করে

$$MgCl_2 = Mg + Cl_2$$

চিত্র—৮৩

ম্যাগনেসিয়ম ক্যাথোডে মুক্ত হইয়া গলিত কারণালাইটের উপর ভাসিতে থাকে এবং Cl_2 অ্যানোডে মুক্ত হইয়া পোরসিলেনের নলের ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া তৎসংলগ্ন নির্গম-নলের মধ্য দিয়া বাহিরে নীত হয়।

কারণালাইট সহজপ্রাপ্য না হইলে অনার্দ্র $MgCl_2$ এর সঙ্গে NaCl মিশাইয়া

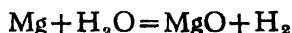
ও তাহা গলাইয়া উপরে বর্ণিত উপায়ে তাড়িত বিশ্লেষিত করিলেও অনুরূপভাবে Mg পাওয়া যায়।

গুণ : ম্যাগনেসিয়ম একটি লঘু, রজতশুভ্র, ঘাতসহ ও প্রসার্য (Malleable) ধাতু। অনার্দ্র বাতাস ইহার সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসে ইহা দীর্ঘ সময় রাখিলে ইহার উপর ইহার অক্সাইডের একটি পাতলা আবরণ পড়ে। অগ্নিশিখায় ধরিলে ইহা অতি প্রখর চোখ ধাঁধান আলো বিকিরণসহ পুড়িতে থাকে যাহার ফলে ম্যাগনেসিয়ম অক্সাইড ও নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়

$$2Mg + O_2 = 2MgO \text{ ; } 3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

বাতাসে ইহা উত্তপ্ত করিলেও এই বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

নাইট্রিক, হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা হাইড্রোজেন ও অনুরূপ লবণ উৎপাদন করে। কিন্তু ক্ষারের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না।

শ্বেত-তপ্ত ম্যাগনেসিয়মের সহিত স্টীম বিক্রিয়া করে

$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : কৃত্রিম আলো উৎপাদন করিয়া ইহা আলোকচিত্র গ্রহণকালে ব্যবহৃত হয়। আতসবাজী ও অগ্ন্যুৎপাদক বোমা উৎপাদনে এবং সাংকেতিক আলো প্রদর্শন কার্যেও ইহার প্রয়োগ আছে। লঘু সংকর ধাতু উৎপাদনে আজকাল ম্যাগনেসিয়ম বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে। যেমন অ্যালুমিনিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম, ম্যাঙ্গানিজ ও তাম্রের সংকরধাতু ডুরঅ্যালুমিন (Duralumin), অ্যালুমিনিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম, দস্তা ও তাম্রের সংকর ধাতু ইলেকট্রন (Electron) বিমান, মোটরগাড়ী ও অন্যান্য বহুপ্রকার যানবাহন তৈয়ারিতে এবং বহুপ্রকার গাঠনিক কার্যে ব্যবহৃত হইতেছে।

দস্তা (Zinc)

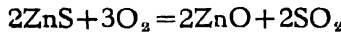
প্রতীক, Zn। পরমানবিক গুরুত্ব, 65।

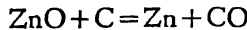
অবস্থান : দস্তা মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। জিঙ্কব্লেণ্ড (Zinc Blende), ZnS ইহার প্রধান আকরিক। জিঙ্কাইট (Zincite) বা রেড জিঙ্ক ওর (Red Zinc Ore) ZnO, ফ্রাঙ্কলিনাইট (Frankli nite), ZnO, F_2O_3 ও ক্যালামাইন (Calamine) $ZnCO_3$ ইহার তিনটি অপ্রধান আকরিক।

নিষ্কাশন : দস্তা নিষ্কাশনে নিম্নোক্ত চারটি পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয় :
(১) অনুপাত বৃদ্ধিকরণ, (২) তাপজারণ, (৩) বিজারণ ও বিগলন এবং (৪) শোধন।

(১) অনুপাত বৃদ্ধিকরণ : জিঙ্কব্লেণ্ডে কিছু গেলেনা (Galena—PbS) মিশ্রিত থাকে। জলের সহিত সামান্য ইউক্যালিপ্টাস (Eucalyptus) তৈল ও একটু অ্যাসিড মিশাইয়া উহা এই আকরিকের মিহি গুঁড়া সহযোগে মন্থন করিলে প্রথমে ফেনার সহিত গেলেনাচূর্ণ উপরে উঠিয়া আসে। তাহা অপসারিত করিয়া অবশিষ্ট মিশ্রে আরও কিছু তৈল মিশাইয়া আবার মন্থন করিলে এইবার জিঙ্কব্লেণ্ডের চূর্ণ ফেনার সহিত উপরে ওঠে। তখন তাহাকে উপযোগী ছাকনার সাহায্যে অপসারিত করা হয়।

(২) তাপজারণ : এইরূপে আকরিকের অনুপাত বাড়াইয়া তাহাকে উপযোগী চুল্লীতে অধিকতর উষ্ণতায় বাতাসের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক-সালফাইড জিঙ্ক-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় :

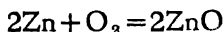
$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

(৩) বিজারণ ও বিগলন : ZnO এ পরিণত আকরিক তাহার প্রায় এক-চতুর্থাংশ পরিমাণ কোক-চূর্ণের সহিত মিশাইয়া অগ্নিসহ মৃত্তিকায় তৈয়ারী বিশেষ আকৃতির অনেকগুলি ছোট ছোট বকযন্ত্রে লইতে হয়। প্রত্যেকটি বকযন্ত্রের মুখে একটি করিয়া মাটির গ্রাহক নল ও গ্রাহক নলের মুখে একটি লোহার শীতক নল আঁটিয়া দিতে হয়। বকযন্ত্রগুলি চুল্লীতে সজ্জিত করিয়া এবং প্রডিউসার গ্যাস পোড়াইয়া উত্তপ্ত করিলে ZnO কোক দ্বারা বিজারিত হয় :

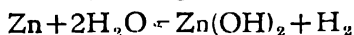
$$ZnO+C=Zn+CO$$

উৎপন্ন CO শীতকের মুখে নীলাভ শিখাসহ পুড়িতে থাকে। দস্তা বাষ্পীভূত হইয়া পাতিত দস্তারূপে গ্রাহক ও শীতক নলে সংগৃহীত হয়। এই দস্তায় সামান্য পরিমাণে সীসা ও অতি সামান্য পরিমাণ লৌহ ও ক্যাড্মিয়ম থাকে। ইহাকে স্পেল্টার (Spelter) বলে।

(৪) শোধন : এইভাবে প্রাপ্ত অবিশুদ্ধ দস্তা আংশিক পাতন (Fractional distillation) দ্বারা শোধন করিয়া অপদ্রব্যগুলি হইতে পৃথক করা হয়।

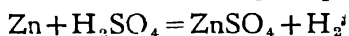
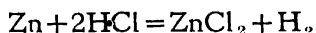
গুণ : দস্তা একটি নীলাভ সাদা রং-এর ধাতু। 100°C-এর কম ও 200°C-এর অধিক উষ্ণতায় ইহা ভঙ্গুর। কিন্তু 100°–150°C-এর মধ্যে ইহা ঘাতসহ ও প্রসার্য।

শুষ্ক বাতাসে ইহার কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসে ইহার উপরে ক্ষারকীয় কারবনেটের একটি আবরণ পড়ে। বাতাসে অত্যধিক উত্তপ্ত করিলে ইহা সবুজ আভাযুক্ত শিখাসহ পুড়িয়া থাকে এবং সাদা ZnO উৎপন্ন হয়।

$$2Zn + O_2 = 2ZnO$$

সাধারণ উষ্ণতায় ইহা জলের সহিত বিক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত দস্তা স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া $Zn(OH)_2$ ও H_2 উৎপাদন করে।

$$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা H_2 ও ইহার অনুরূপ লবণ উৎপাদন করে।

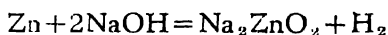
$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4-এর সহিত ইহার বিক্রিয়ায় $ZnSO_4$, H_2O ও SO_2 উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

HNO_3 সহিত ইহার বিক্রিয়ার বিষয় ঐ অ্যাসিডের গুণ প্রসঙ্গে আলোচিত হইয়াছে।

কস্টিক সোডার জলীয়দ্রব দস্তাচূর্ণের সহিত ফুটাইলে সোডিয়ম জিঙ্কেট ও H_2 উৎপন্ন হয়

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ পিতল, ব্রোঞ্জ, জার্মানসিলভার, ইলেকট্রন প্রভৃতি সংকর ধাতুর প্রস্তুতিতে দস্তা ব্যবহৃত হয়। লৌহজাত দ্রব্যাদি মরিচা ধরার হাত হইতে রক্ষা করিবার জন্য উহাদের উপর দস্তার আবরণ দিতে হয়। গলিত দস্তার মধ্যে পরিষ্কৃত লৌহদ্রব্য চুবাইয়া ইহা করিতে হয়। এই পদ্ধতিকে **দস্তালিপ্তকরণ** (Galvanizing) বলে। করগেট (Corrugated iron) ও জলের বালতি প্রভৃতি বহুবিধ দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত লৌহের চাদর এইভাবে দস্তালিপ্ত করিতে হয়। লোহার চাদরকে গলিত রাং-এর ভিতর চুবাইয়া তাহার উপর রাং-এর একটি পাতলা প্রলেপ ফেলিয়াও উহাকে মরিচা ধরার হাত হইতে রক্ষা করা হয়। এই পদ্ধতিকে **রাং-লেপন** (Tinplating or Tinning) বলে। কিন্তু দস্তালিপ্ত লৌহ রাংলিপ্ত লৌহ হইতে অধিক কার্যকরী। কারণ রাংলিপ্ত লৌহ হইতে যদি রাং-এর কলাই সামান্য একটু উঠিয়া যায় তবে দস্তালিপ্ত লৌহের তুলনায়

রাং-এর কলাই ওঠা স্থানে লৌহ অধিকতর অল্প সময়ের মধ্যে আক্রান্ত হয়। কারণ তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়ে লৌহ, দস্তার নীচে কিন্তু রাংএর উপরে থাকায় রাংএর সহযোগিতায় লৌহ যে বিদ্যুৎকোষ সৃষ্টি করে তাহাতে লৌহ তাহার Fe^{++} আয়ন উৎপাদন করিয়া তাড়াতাড়ি নিঃশেষ হইয়া যায়। কিন্তু দস্তার সহযোগিতায় এরূপ ক্ষেত্রে লৌহ আয়ন সৃষ্টি করে না।

শুষ্ক বিদ্যুৎ-কোষ নির্মাণে দস্তা অপরা মেরু হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে, শ্বেত রঞ্জক (white pigment) রূপে ব্যবহৃত জিঙ্ক হোয়াইট (Zinc white—ZnO), প্রস্তুত হয়। **দস্তারজ** বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। গলিত দস্তা জলের ভিতর অল্প অল্প পরিমাণে ঢালিলে যে দস্তার ছোট ছোট পাতলা খণ্ড পাওয়া যায় তাহাকে **দস্তার ছিবড়া** (Granulated Zinc) বলে। ইহা পরীক্ষাগারে H_2 প্রস্তুতিতে ও বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। বাখারি চুন ও কলি চুন কি করিয়া প্রস্তুত করিতে হয়? তাহাদের ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

২। প্যারিস প্লাস্টার কাহাকে বলে? কিভাবে ইহা প্রস্তুত করিতে হয়? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। সিমেণ্ট বলিতে কি বুঝায়? কিভাবে ইহা ব্যবহৃত হয়?

৪। ম্যাগনেসিয়ম কিভাবে নিষ্কাশিত হয়? ইহার গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৫। দস্তা নিষ্কাশনে যে সমস্ত রাসায়নিক প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয় তাহা লিখ। ইহার গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

অষ্টাবিংশ অধ্যায়

অ্যালুমিনিয়ম (Aluminium)

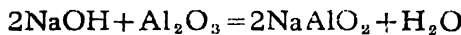
প্রতীক, Al। পারমাণবিক গুরুত্ব 27।

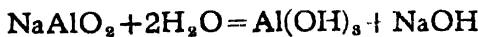
অবস্থান : অ্যালুমিনিয়ম মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে থাকে না। কিন্তু ইহার নানা প্রকার যৌগ প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। ভূপৃষ্ঠের প্রায় শতকরা আট ভাগই ইহার যৌগের দ্বারা গঠিত যদিও তাহার বেশী অংশই ইহার সিলিকেট—কাদা ও মাটি—যাহা হইতে অ্যালুমিনিয়ম নিষ্কাশিত করা যায় না।

বক্সাইট (Bauxite) Al_2O_3, $2H_2O$ ইহার সব প্রধান আকরিক। ভারতবর্ষে প্রচুর পরিমাণে ইহা পাওয়া যায়। ইহা ভিন্ন জিবসাইট (Gibbsite) Al_2O_3, $3H_2O$ এবং ডায়াস্পোর (Diaspore) Al_2O_3, H_2O নামক সোদক অক্সাইডরূপী ইহার আরও দুইটি আকরিক বিদ্যমান। ক্রায়োলাইট (Cryolite) $AlF_3 . 3NaF$ ইহার আর একটি প্রয়োজনীয় খনিজ। ইহা গ্রিনল্যাণ্ডে পাওয়া যায় ও অ্যালুমিনিয়ম নিষ্কাশনে দরকার।

নিষ্কাশন : বক্সাইট হইতে ইহা নিষ্কাশিত করা হয়। কিন্তু ইহার সহিত আয়রণ অক্সাইড ও সিলিকা মিশ্রিত থাকে। ইহার নিষ্কাশনে (১) বক্সাইট-শোধন ও (২) শোধিত বক্সাইটের তড়িদ্ বিশ্লেষণ এই দুইটি প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয়।

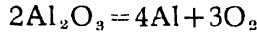
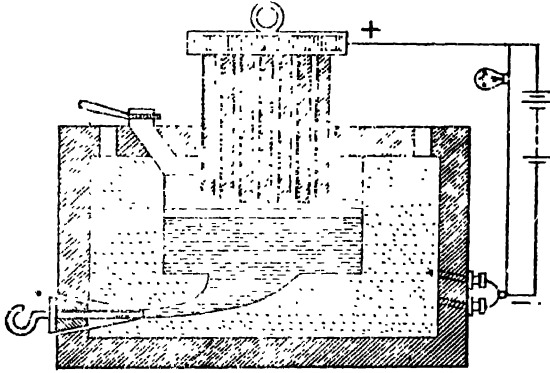
(১) **বক্সাইট-শোধন :** যে শ্রেণীর বক্সাইটে সিলিকা বেশী নাই তাহা চূর্ণ করিয়া একটি বৃহৎ রুদ্ধপাত্রে (Autoclave) কস্টিক সোডার গাঢ় জলীয়দ্রবে উচ্চচাপে এবং $150^{\circ}C$এ নিষিক্ত করিলে (Digested) শুধু Al_2O_3ই NaOH এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে কিন্তু NaOH এর সহিত Fe_2O_3র কোন বিক্রিয়া হয় না।

$$2NaOH + Al_2O_3 = 2NaAlO_2 + H_2O$$

উৎপন্ন সোডিয়ম অ্যালুমিনেট জলে দ্রবীভূত থাকে। এই দ্রব, অদ্রাব্য Fe_2O_3 হইতে ছাঁকিয়া লইয়া তাহাতে কিছু জল মিশাইতে হয়। তারপর তাহাতে কিছু সদ্য তৈয়ারী $Al(OH)_3$ মিশাইয়া আলোড়িত করিলে, জলের সহিত $NaAlO_2$র বিক্রিয়ায় $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 + NaOH$$

অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া লইয়া ও বেশ করিয়া ধৌত করিয়া উত্তাপ সহযোগে শুষ্ক করিতে হয়। ইহাই শোধিত অ্যালুমিনা।

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

(২) **তড়িদ্ বিশ্লেষণ**ঃ এইরূপে শোধিত অ্যালুমিনা গলিত ক্রায়োলাইট ও ফ্লোরস্পারের (CaF_2) মিশ্রে দ্রবীভূত করিয়া গ্যাসকারবনের ক্যাথোড ও অ্যানোডের সাহায্যে তড়িদ্ বিশ্লেষণ করিলে, ক্যাথোডে Al ও আনোডে O_2 উৎপন্ন হয়

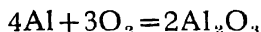
$$2Al_2O_3 = 4Al + 3O_2$$

চতুষ্কোণ লোহার চৌবাচ্চার ভিতরের গা গ্যাস কারবনের আস্তর দ্বারা আবৃত করিয়া তাহার ভিতর ক্রায়োলাইট ও ফ্লোরস্পার মিশ্র গলাইতে হয়। ক্রায়োলাইটের গলনাঙ্ক কমাইবার জন্যই ফ্লোরস্পার দেওয়া হয়। গলিত মিশ্রে শোধিত Al_2O_3

চিত্র—৮৪

দ্রবীভূত করিয়া তাহাতে একটি তামার দণ্ড সংলগ্ন কয়েকটি গ্যাস কারবন দণ্ড আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখিতে হয় (চিত্র - ৮৪)। তারপর কারবন-আস্তর ও তামার দণ্ড যথাক্রমে বৈদ্যুতিক ব্যাটারীর অপরা ও পরা মেরুর সহিত যুক্ত করিলে উপরি-উক্ত সমীকরণ অনুসারে অ্যালুমিনিয়ম কারবন-আস্তরে মুক্ত হইয়া গলিত ক্রায়োলাইট মিশ্রের নীচে গলিত অবস্থায় জমা হয়। উহাকে একটি নির্গম পথ দিয়া বাহিরে আনা হয়। অক্সিজেন অ্যানোডে মুক্ত হয় যাহার জন্য অ্যানোড ক্রমশঃ দগ্ধ হইতে থাকে।

গুণঃ অ্যালুমিনিয়ম একটি হালকা (আপেক্ষিক ঘনত্ব—২·৬), ঘাত সহ,

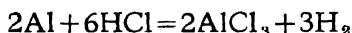
প্রসার্য ও সামান্য নীল আভাযুক্ত সাদা ধাতু। ইহার তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতা সমধিক।

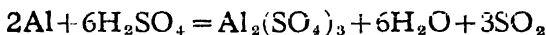
শুষ্ক বাতাসে ইহার কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আর্দ্রবাতাসে ইহার উপর ইহার অক্সাইডের একটি সূক্ষ্ম আবরণ পড়িয়া থাকে। বাতাসে অত্যধিক উত্তপ্ত করিলে ইহা উজ্জ্বল শিখাসহ পুড়িতে থাকে ও ইহার অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Al+3O_2=2Al_2O_3$$

অধিক উষ্ণতায় ও চূর্ণ অবস্থায় ইহার অক্সিজেন-আসক্তি অত্যধিক। সেইজন্য এই অবস্থায় ইহা অনেক ধাতব অক্সাইডকে অত্যধিক তাপবিকিরণ সহকারে তীব্রভাবে বিজারিত করিয়া থাকে। অ্যালুমিনিয়ম চূর্ণ দ্বারা ধাতব অক্সাইডের এইভাবে বিজারণকে **গোল্ডস্মিডের তাপ বিকিরণ পদ্ধতি (Goldschmidt's Thermit Process)** বলে। এই পদ্ধতিতে দুইখণ্ড লোহার রেল বা দণ্ড একসঙ্গে মিল করিয়া জোড়া লাগান হয়।

বিশুদ্ধ জল দ্বারা ইহা প্রায় আক্রান্ত হয় না। কিন্তু লবণযুক্ত জলের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিশেষ বিক্রিয়া নাই ; H_2SO_4 এর লঘুদ্রবের সহিতও ইহা বিক্রিয়া করে না। কিন্তু গাঢ় ও ফুটন্ত H_2SO_4 এর সহিত ইহা বিক্রিয়া করে।

$$2Al+6H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+6H_2O+3SO_2$$

ইহা কস্টিক সোডার গাঢ় ও উত্তপ্ত জলীয় দ্রবের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়ম অ্যালুমিনেট ও H_2 উৎপাদন করে।

$$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2$$

উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা নাইট্রোজেন ও ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে নাইট্রাইড AlN ও ক্লোরাইড $AlCl_3$ উৎপাদন করে।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : গৃহস্থালীর বাসন পাত্রাদি ও বৈজ্ঞানিক যন্ত্রপাতির নানারকম অংশ তৈয়ারির জন্য ইহা আজকাল প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে। অ্যালুমিনিয়ম ব্রোঞ্জ (Al ও Cu) বাসন পাত্রাদি, মুদ্রা ও আলোকচিত্র রাখিবার কাঠাম প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হইতেছে। ইহার আর একটি সংকর ধাতু ম্যাগনেলিয়ম (Al ও Mg), সস্তা রাসায়নিক তুলা (Balance) ও অন্যান্য নানা রকম বস্তু

তৈয়ারিতে ব্যবহৃত হইতেছে। ইহার সংকর ধাতু ডুরঅ্যালুমিন (Al, Cu, Mg ও Mn) বিমান ও মোটর গাড়ীর নানা অংশ প্রস্তুতিতে প্রয়োজন।

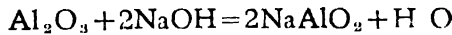
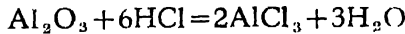
ইহা বিদ্যুৎ পরিবহনের তার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ইহার চূর্ণ তৈলের সহিত মিশ্রিত করিয়া রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হইতেছে। আতশ বাজিতে ইহার চূর্ণের ব্যবহার আছে। ইহার সরু পাত আচ্ছাদন দ্রব্য (Covering material) রূপে ব্যবহৃত হইতেছে।

অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা, Al_2O_3 : বক্সাইট, $Al_2O_3, 2H_2O$, জিবসাইট, $Al_2O_3, 3H_2O$ ও ডায়াস্পোররূপে অ্যালুমিনিয়মের সোদক অক্সাইড প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কোরাণ্ডাম (Corundum) রূপে ইহার বিশুদ্ধ, স্বচ্ছ ও বর্ণহীন অক্সাইড প্রকৃতিতে অবস্থান করে। নীলা, রুবি প্রভৃতি মূল্যবান রঙ্গীন পাথর ইহার প্রকৃতিজাত অক্সাইড যাহা, সামান্য পরিমাণ অন্য ধাতব অক্সাইড দ্রবীভূত থাকায় বিশেষ বর্ণযুক্ত। এমারি (Emery) ইহার অস্বচ্ছ, অত্যন্ত শক্ত প্রকৃতি-জাত অক্সাইড। ইহা পালিশ করার কাজে ব্যবহৃত হয়।

প্রস্তুতি : পূর্ববর্ণিত পদ্ধতিতে বক্সাইট শোধন করিয়া অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

গুণ : ইহা উভধর্মী অক্সাইড কারণ ইহা অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে।

$$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$

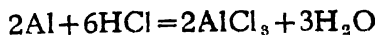
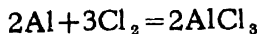
$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H\ O$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : অ্যালুমিনিয়ম, ফটকিরি ও অ্যালুমিনিয়মের অন্যান্য লবণ প্রস্তুতিতে, অ্যালুমিনা ব্যবহৃত হয়। এমারি পালিশের কাজে প্রয়োজন।

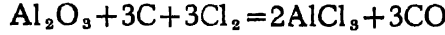
অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইড, $AlCl_3, 6H_2O$ **প্রস্তুতি :** অ্যালুমিনিয়ম, অ্যালুমিনা অথবা অ্যালুমিনিয়ম হাইড্রক্সাইডের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া যে দ্রব পাওয়া যায় তাহা কেলাসিত করিলে অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইডের সোদক কেলাস $AlCl_3, 6H_2O$ পাওয়া যায়।

ইহার সোদক কেলাস উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র কেলাস পাওয়া যায় না।

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইড, $AlCl_3$ **প্রস্তুতি :** উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়মের চোকলার উপরে অনার্দ্র Cl_2 অথবা HCl গ্যাস চালিত করিয়া ইহা তৈয়ারি করা হয়।

$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$$

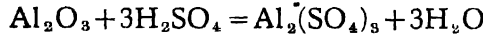
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$

অথবা অ্যালুমিনা ও কোকচূর্ণের মিশ্র অত্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপরে Cl_2 গ্যাস চালনা করিয়া অনার্দ্র $AlCl_3$ প্রস্তুত করা হয়।

$$Al_2O_3+3C+3Cl_2=2AlCl_3+3CO$$

গুণ : অনার্দ্র $AlCl_3$ এক প্রকার উদগ্রাহী, কেলাসিত ও কঠিন পদার্থ। ইহা আর্দ্রবাতাসে ধূমায়িত হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : জৈব যৌগের বিশ্লেষণে ও পেট্রোলিয়ম শোধনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়ম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3 18,H_2O$:—

প্রস্তুতি : বক্সাইট শোধন করিয়া প্রাপ্ত অ্যালুমিনার সহিত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া যে দ্রব পাওয়া যায় তাহা কেলাসিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়।

$$Al_2O_3+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2O$$

গুণ : ইহা এক প্রকার কেলাসিত পদার্থ এবং জলে দ্রবনীয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : জলের অবলম্বিত (Suspented) অপদ্রব্য থিতাইবার কাজে ও বস্ত্রশিল্পে রং স্থায়ী কারক (Mordant) হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। যেভাবে অ্যালুমিনিয়ম নিষ্কাশিত হয় তাহা বর্ণনা কর। ইহার প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। কি কি পদ্ধতিতে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয় তাহা বিবৃত কর। কি প্রয়োজনে ইহা ব্যবহৃত হয়?

৩। কি পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়ম সালফেট প্রস্তুত করা হয়? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

ঊনত্রিংশ অধ্যায়

সীসা (Lead)

প্রতীক, Pbl পারমাণবিক গুরুত্ব, 207·21।

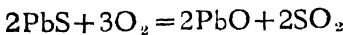
অবস্থান : গেলেনা (Galena), PbS সীসার প্রধান আকরিক। ইহা ভিন্ন অ্যাংগ্লেসাইট (Anglesite) $PbSO_4$, সেরুসাইট (Cerussite), $PbCO_3$ ও লেড অকর (Lead Ochre) PbO, ইহার আর তিনটি আকরিক।

নিষ্কাশন : গেলেনা হইতেই পৃথিবীর বেশীর ভাগ সীসা নিষ্কাশিত হয়। ইহাতে নিম্নোক্ত চারিটি প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয় :

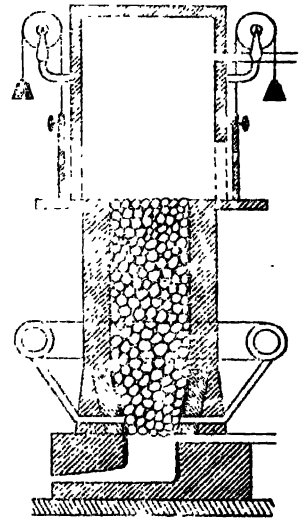
(১) অনুপাত বৃদ্ধিকরণ, (২) তাপজারণ, (৩) বিগলন ও (৪) শোধন।

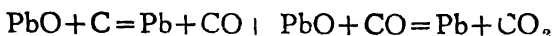
(১) **অনুপাত বৃদ্ধিকরণ :** জলের সহিত অল্প পরিমাণ ইউক্যালিপটস তৈল ও একটু অ্যাসিড মিশাইয়া তাহা গেলেনার মিহি চূর্ণ সহ মন্থন করিলে তাহার জলসিক্ত আকরমল নীচে থিতাইয়া পড়ে ও আকরিকের চূর্ণ ফেণার সহিত উপরে উঠিয়া আসে। তখন তাহাকে ছাঁকিয়া লওয়া হয়।

(২) **তাপজারণ :** এইরূপ বর্ধিতানুপাত আকরিক বিগালকরূপী চুনের সহিত মিশাইয়া উপযোগী পাত্রে অত্যধিক উত্তপ্ত বাতাসে ভর্জিত করিলে (Roasted) লেডসাল্ফাইড, PbS, লেড অক্সাইডে PbO পরিবর্তিত হয় যাহা এই উচ্চ উষ্ণতায় গলিয়া এবং পরে জমিয়া পাথরের (Sinters)আকার ধারণ করে।

$$2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2$$

উৎপন্ন SO_2 বায়ুপ্রবাহের সহিত মিশিয়া একটি নির্গম নলের ভিতর দিয়া বাহিরে নীত হয়।

চিত্র—৮৫

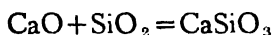
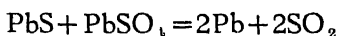
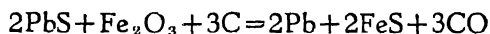
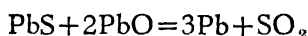
প্রস্তরীভূত PbO গুঁড়া করিয়াও বিগালকরূপী কিছু চুন ও আয়রণ অক্সাইড এবং বিজারক কোকের গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া একটি ছোট মারুত চুল্লীতে (চিত্র ৮৫) অধিকতর উষ্ণতায় বিজারিত করা হয়।

চুল্লীর ভিতরে কোক বাতাসে পুড়িয়া প্রচুর উত্তাপ সৃষ্টির সহিত CO উৎপাদন করে। PbO চুল্লীর উপর হইতে ক্রমশঃ নীচের দিকে যাইতে যাইতে অত্যুত্তপ্ত বাতাসের সংস্পর্শে আসিয়া অত্যন্ত উত্তপ্ত হইয়া ওঠে ও সেই অবস্থায় কোক ও কারবন মন-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া সীসায় পরিণত হয়:

$$PbO + C = Pb + CO \text{ । } PbO + CO = Pb + CO_2$$

উৎপন্ন সীসা বিগলিত অবস্থায় নীচের দিকে নামিয়া যায়। অবিকৃত PbS থাকিলে তাহাও এই উষ্ণতায় PbO এবং Fe_2O_3 ও C এর সহিত বিক্রিয়া করে। পূর্বোক্ত তাপজারণ পদ্ধতিতে যদি কিছু PbS, $PbSO_4$এ পরিণত হইয়া থাকে, তাহাও এই উষ্ণতায় অবিকৃত PbS এর সহিত বিক্রিয়া করে। খনিজের মধ্যে যে বালি থাকে তাহা চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গলিত ধাতুমল $CaSiO_3$এ পরিবর্তিত হয়। এই সমস্ত বিক্রিয়া সমীকরণের সাহায্যে নিম্নে ব্যক্ত করা হইল:

$$PbS + 2PbO = 3Pb + SO_2$$

$$2PbS + Fe_2O_3 + 3C = 2Pb + 2FeS + 3CO$$

$$PbS + PbSO_4 = 2Pb + 2SO_2$$

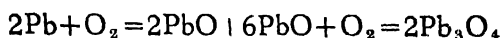
$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

চুল্লীর তলদেশে নীচের স্তরে গলিত সীসা জমা হয় ও তাহার উপরে অপেক্ষাকৃত হালকা ধাতুমল, FeS ও $CaSiO_3$ এর মিশ্র গলিত অবস্থায় সঞ্চিত হয়। তখন দুইটি নির্গম পথ দিয়া উহাদিগকে পৃথকভাবে বাহিরে আনা হয়।

(৪) **শোধন পদ্ধতি:** এইভাবে নিষ্কাশিত সীসায়, রৌপ্য, তাম্র, লৌহ, দস্তা, রাং, আরসেনিক, অ্যান্টিমণি, বিসমাথ ও গন্ধক অপদ্রব্যরূপে থাকে। এইরূপ সীসা বিশেষ নরম বা ঘাত সহ হয় না। পরাবর্ত চুল্লীতে বাতাসের সংস্পর্শে ইহা গলাইলে রৌপ্য ভিন্ন অন্যান্য অপদ্রব্য জারিত হয়। গন্ধক ও আরসেনিকের অক্সাইড বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায়, অন্যান্য অপদ্রব্যের অক্সাইড গাদের আকারে গলিত সীসার উপরে ভাসিতে থাকে। তখন ছাকনার সাহায্যে তাহা অপসারিত করা হয়। তারপর পার্কস্ (Parkes) কিংবা প্যাটিন্সনের (Pattinson) **রৌপ্য-বিচ্যুতি** (Desilverisation) পদ্ধতিতে এইরূপে আংশিক পরিশোধিত সীসা রৌপ্য হইতে বিচ্ছিন্ন করা হয়। তখন ইহা নরম ও ঘাতসহ হয়।

গুণ: সীসা একটি নীলাভ ধূসর বর্ণের নরম ও ভারী ধাতু। ইহা জল অপেক্ষা প্রায় 11·3 গুণ ভারী। ইহার গলনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম (330°C)। ইহা ঘাতসহ ও প্রসার্য। ইহা কাগজের উপর কাল দাগ রাখিয়া যায়।

ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত কম। আর্দ্র বাতাসে ইহার উপরে

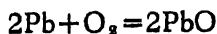
ক্ষারকীয় কারবনেটের একটি সরু আবরণ পড়ায় ইহা মলিন হইয়া যায়। কিন্তু ভিতরের সীসা অবিকৃত অবস্থাতেই থাকে। বাতাস কিংবা O_2 দ্বারা ইহা উত্তপ্ত অবস্থায় জারিত হয়ঃ

$$2Pb+O_2=2PbO \quad 6PbO+O_2=2Pb_3O_4$$

বাতাস-মুক্ত বিশুদ্ধ জল ইহার সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু দ্রবীভূত বাতাস-যুক্ত জলের সহিত ইহা বিক্রিয়া করায় আয়নিত অবস্থায় ইহা ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়। ইহার যে শ্রেণীর লবণ জলে দ্রবণীয় জলে অন্য ধাতুর সেই শ্রেণীর লবণ দ্রবীভূত থাকিলে তাহার সহিত ইহা বিক্রিয়া করে। যেমন নাইট্রেটের জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া Pb^{++} আয়নরূপে ইহাতে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু ইহার যে শ্রেণীর লবণজলে অদ্রাব্য জলে অন্য ধাতুর সেই শ্রেণীর লবণ দ্রবীভূত থাকিলে তাহার সহিত ইহার বিক্রিয়া অতি সামান্য; কারণ দ্রবীভূত এইরূপ লবণের সহিত বিক্রিয়ায় ইহার অদ্রাব্য লবণের একটি সরু কঠিন আবরণ ইহার উপর পড়িয়া ইহার অভ্যন্তরকে বিক্রিয়া হইতে রক্ষা করে। যেমন সালফেট, কারবনেট ও ফসফেটযুক্ত জলের সংস্পর্শে ইহা তত বিকৃত হয় না। সুতরাং সীসার তৈয়ারী নলের ভিতর দিয়া বাইকারবনেট বা সালফেটযুক্ত পানীয় জল সরবরাহ করা যাইতে পারে। নতুবা Pb^{++} আয়নের অবস্থিতিতে জল বিষাক্ত হইয়া যায়।

হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড ভিন্ন অন্যান্য অ্যাসিড ইহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে। যেমন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় লেড-নাইট্রেট, জল ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে।

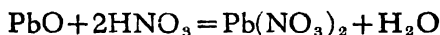
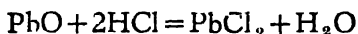
ব্যাবহারিক প্রয়োগ: সঞ্চায়ক বৈদ্যুতিক কোষ বা ব্যাটারী, (Storage cell or battery) প্রস্তুতিতে ও প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত প্রকোষ্ঠ তৈয়ারিতে সীসার পাত ব্যবহৃত হয়। কামান-বন্দুকের গোলাগুলি সীসায় প্রস্তুত। জল সরবরাহের নল, চৌবাচ্চা প্রভৃতি তৈয়ারিতেও ইহার প্রয়োজন। বৈদ্যুতিক তারের আচ্ছাদক হিসাবেও ইহা ব্যবহৃত হয়। টাইপ ধাতু (Typemetal) ও ঝাল (Solder) যথাক্রমে সীসা, অ্যান্টিমণি ও রাং এবং সীসা ও রাংএর সংকর ধাতু। মেটেসিন্দুর (Red lead), সীস-শ্বেত বা সফেদা (White lead) মুদ্রাশঙ্খ (Litharge) ও লেড টেট্রামিথাইল প্রস্তুতিতেও সীসা ব্যবহৃত হয়।

মুদ্রাশঙ্খ (Litharge) ·PbO: গলিত সীসার উপর উচ্চচাপে বাতাস চালনা করিলে উহা জারিত হইয়া গলিত লেড মন-অক্সাইডে পরিণত হয়

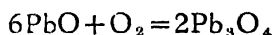
$$2Pb+O_2=2PbO$$

উৎপন্ন PbO ঠাণ্ডা হইলে জমিয়া রক্তাভ হরিদ্রাবর্ণের কেলাসাকার ধারণ করে। ইহাকেই মুদ্রাশঙ্খ বলে।

ইহা একটি ক্ষারকীয় অক্সাইড। হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে লেড ক্লোরাইড ও নাইট্রেট এবং জল উৎপাদন করে:

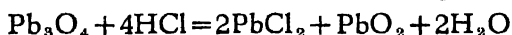
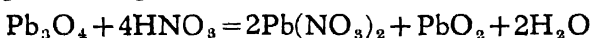
$$PbO + 2HCl = PbCl_2 + H_2O$$

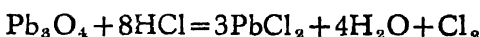
$$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: ফ্লিণ্ট-কাচ প্রস্তুতিতে ও পোরসিলেন পাত্রে **চিক্কণলেপ** (Glaze) দিতে ইহার প্রয়োজন হয়। সীসার অন্যান্য যৌগ প্রস্তুতিতে এবং রং ও বার্ণিশ তৈয়ারিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

মেটে সিন্দুর (Red lead) Pb_3O_4 : পরাবর্ত চুল্লীতে মুদ্রাশঙ্খ বায়ুপ্রবাহে 340°C উষ্ণতায় 48 ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে জারিত হইয়া মেটে সিন্দুরে পরিণত হয়।

$$6PbO + O_2 = 2Pb_3O_4$$

ইহা লেড মন-অক্সাইড PbO ও লেড ডাই-অক্সাইড PbO_2 এর যৌগ, $2PbO.PbO_2$এর ন্যায় অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে। হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের লঘুজলীয় দ্রবের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে $PbCl_2$ ও $Pb(NO_3)_2$ এবং PbO_2 ও জল উৎপাদন করে

$$Pb_3O_4 + 4HNO_3 = 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + 2H_2O$$

$$Pb_3O_4 + 4HCl = 2PbCl_2 + PbO_2 + 2H_2O$$

কিন্তু গাঢ় ও গরম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় $PbCl_2$, জল ও Cl_2 উৎপন্ন হইয়া থাকে কারণ PbO_2 উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে গরম ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে

$$Pb_3O_4 + 8HCl = 3PbCl_2 + 4H_2O + Cl_2$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: তিসির তেলের সহিত মিশাইয়া রং হিসাবে, এবং ফ্লিণ্ট কাঁচ ও দিয়াশলাইএর কাঠির মাথা তৈয়ারিতে মেটে সিন্দুর ব্যবহৃত হয়।

সীস-শ্বেত বা সফেদা (White lead): ইহা সীসার একটি বিশেষ ক্ষারকীয় কারবনেট। $2PbCO_3, Pb(OH)_2$ ইহার আণবিক সংকেত।

সছিদ্র সীসার পাতের সহিত অসেটিক অ্যাসিডের (Acetic acid—CH_3COOH) বাষ্প,O_2, জলীয় বাষ্প এবং CO_2 এর যুক্ত বিক্রিয়ায় সীসশ্বেত তৈয়ারী করা হয়।

তিসির তেলের সহিত মিশাইয়া ইহা সাদা রং হিসাবে ব্যবহার করা হয়। কিন্তু সহরের বাতাসে বেশীদিন উন্মুক্ত রাখিলে H_2Sএর বিক্রিয়ায় ইহা কাল হইয়া যায়।

প্রশ্নমালা

১। সীসার প্রধান আকরিকের নাম ও সংকেত লিখ। এই আকরিক হইতে সীসা পাইতে হইলে যে যে প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয় তাহা সমীকরণসহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

২। সীসার প্রধান প্রধান গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। মুদ্রাশঙ্খ ও মেটে সিন্দুর বলিতে কি বুঝায়? কিভাবে ইহাদিগকে প্রস্তুত করা হয়। হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত ইহারা কিভাবে বিক্রিয়া করে? ইহাদের ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

৪। সীসশ্বেত বা সফেদা কাহাকে বলে? ইহার সংকেত কি? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি? ব্যবহৃত হইবার পর ইহার কি দোষ পরিলক্ষিত হয়?

ত্রিংশ অধ্যায়

লৌহ (Iron)

প্রতীক, Fe। পারমাণবিক গুরুত্ব, 55·85।

অবস্থান: অতি সামান্য পরিমাণ লৌহই মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাও পার্থিব নহে। উল্কাপিণ্ডরূপে বহির্বিশ্ব হইতে পৃথিবীতে ইহা আসিয়া থাকে। নিম্নলিখিতগুলি ইহার প্রধান খনিজ:

(১) রেড হিমাটাইট (Red heamatite), Fe_2O_3

(২) ব্রাউন হিমাটাইট (Brown heamatite), $2Fe_2O_3, 3H_2O$

এই দুইটি আকরিক সিংভূম, ময়ূরভঞ্জ ও মহীশূরে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

(৩) ম্যাগনেটাইট (Magnetite), Fe_3O_4

(৪) স্প্যাথিক আয়রণ ওর (Spathic iron ore), $FeCO_3$

(এই চারিটি খনিজই লৌহের আকরিক।)

(৫) লৌহ মাক্ষিক (Iron pyrites), FeS_2

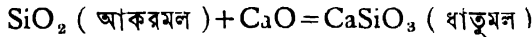
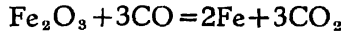
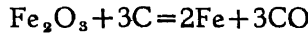
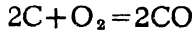
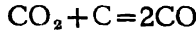
(৫ম টি লৌহের আকরিক নহে)

লৌহের শ্রেণীবিভাগ : মোটামুটি তিন শ্রেণীর লৌহ দেখিতে পাওয়া যায় ; যথা—ঢালাই লোহা (Cast iron), ইস্পাত (Steel) এবং পেটা লোহা (wrought iron)।

ঢালাই লোহা নিষ্কাশন : মারুত চুল্লী পদ্ধতি : ইহার নিষ্কাশনে দুইটি প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয় : (১) আকরিকের ভস্মীকরণ ও (২) বিগলন।

(১) **ভস্মীকরণ :** সামান্য পরিমাণ কোক পোড়াইয়া স্তূপাকারে সজ্জিত আকরিককে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে আকরিক শোষিত জল মুক্ত হয় এবং সরন্ধ্র ও হালকা হয়; কারবনেট আকরিক হইলে CO_2 নির্গত হইয়া যায় ও ফেরাস অক্সাইড জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

(২) **বিগলন :** ভস্মীকৃত আকরিক কোক ও চুনা পাথরের সহিত 2 : 1 : 0·5 অনুপাতে মিশাইয়া, প্রায় দুই বায়ুমণ্ডলীয় চাপের অনার্দ্র ও উত্তপ্ত বায়ু স্রোতে, ২৫১ পৃষ্ঠায় বর্ণিত ও অঙ্কিত মারুত চুল্লীর ভিতরে এই প্রক্রিয়া সমাধা করা হয়। মারুত চুল্লীর উপর প্রান্তের শঙ্কু নিচু করিয়া উহার মধ্যে দগ্ধ আকরিক, কোক ও চুনা পাথরের মিশ্র ঢালিতে হয়। তারপর আবার শঙ্কু উঁচু করিয়া ঐ মুখ বন্ধ করিয়া দিতে হয়। এর পর নীচের টুইয়ার্স-নামে অভিহিত ও জল প্রবাহে শীতলীকৃত কয়েকটি নলের ভিতর দিয়া চুল্লীর অধোদেশে উত্তপ্ত ও অনার্দ্র বায়ুস্রোত প্রবেশ করান হয়। তখন উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহে কোক তাপ নিঃসরণসহ দগ্ধ হইয়া CO উৎপাদন করে ও চুনা পাথরের বিযোজনে উৎপন্ন CO_2কে বিজারিত করে। চুনা পাথর বিযোজিত হইয়া CaO ও CO_2 উৎপাদন করে ও উৎপন্ন চুন, বালি ও ঐ জাতীয় অন্য আকরমলের সহিত যুক্ত হইয়া গলিত ধাতুমল $CaSiO_3$ সৃষ্টি করে। এই সমস্ত কারণে চুল্লীর অভ্যন্তরভাগ উত্তপ্ত হইয়া ওঠে কিন্তু উহার বিভিন্ন স্তরের উষ্ণতা সমান থাকে না, উপর হইতে নীচের দিকে উষ্ণতা ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়া থাকে—উপরেব নির্গম নলের নিকটবর্তী স্তরের উষ্ণতা 300°C হইতে টুইয়ার্সের নিকটবর্তী স্তরের উষ্ণতা 1300°—1400°C পর্যন্ত উঠিয়া থাকে। এই অবস্থায় চুল্লীমধ্যে ভিন্ন ভিন্ন স্তরে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে :

১।
$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$CO_2 + C = 2CO$$
$$2C + O_2 = 2CO$$
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$
$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$
SiO_2 (আকরমল) + $CaO = CaSiO_3$ (ধাতুমল)

CO দ্বারা Fe_2O_3এর বিজারণ উপরের স্তরে 400°C এ আরম্ভ হইয়া 900°C উষ্ণতা-বিশিষ্ট চুল্লীর মধ্য স্তর পযন্ত চলিয়া থাকে। কিন্তু উহাতে Fe_2O_3 সম্পূর্ণরূপে বিজারিত হয়। এই উষ্ণতায় উৎপন্ন লৌহ না গলিয়া স্পঞ্জের আকারে থাকে। এই স্তর হইতে যখন অপরিবর্তিত Fe_2O_3, বিগালক ও কোকসহ লৌহ নীচের স্তরে অধিকতর উষ্ণতায় চলিয়া যায় তখন অবশিষ্ট Fe_2O_3 শ্বেততপ্ত কোক ও CO এর বিয়োজন-প্রসূত কারবন দ্বারা বিজারিত হয়। এই সময়ে স্পঞ্জাকৃতি লৌহ অল্প পরিমাণে কারবন, গন্ধক, ফসফরাস ও সিলিকন, অপদ্রব্য স্বরূপ গ্রহণ করে। আরও নীচে চুল্লীর হার্ত (Hearth) নামক স্থানে প্রায় 1200°C উষ্ণতায় ইহা সম্পূর্ণরূপে গলিয়া যায় ও গড়াইয়া চুল্লীর তলদেশে জমা হয়। এই গলিত লৌহের স্তরের উপরে গলিত ধাতুমলের স্তর গঠিত হয়, যাহা গলিত লৌহকে জারণ হইতে রক্ষা করে। এ দুইটি স্তর উপযোগী নির্দিষ্ট পুরুত্ব প্রাপ্ত হইলে তাহাদের জন্য নির্দিষ্ট নির্গম পথ দিয়া বাহিরে নীত হয়। তরল লৌহ বালির ছাঁচে ঠাণ্ডা করিয়া বিশেষ আকারের পিণ্ডে পরিণত করা হয়। ইহাকে পিগ্ লৌহ (Pig iron) অথবা ঢালাই লোহা (Cast iron) বলে।

নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে ভর্জিত আকরিক, কোক ও চুনা পাথরের মিশ্র বাটিও শঙ্কু সজ্জায় ঢালিয়া এবং উৎপন্ন গলিত লৌহ ও ধাতু মল তাহাদের স্বস্বনির্গম পথে বাহিরে আনিয়া মারুত চুল্লীর কাজ মেরামতের প্রয়োজন না হওয়া পর্যন্ত কয়েক বৎসরব্যাপী অব্যাহত রাখা হয়।

ঢালাই লোহা, পেটা লোহা ও ইস্পাত: লৌহে অবস্থিত অপদ্রব্যগুলির সংখ্যা, প্রকৃতি ও অনুপাতের উপর ইহার বিশেষ বিশেষ ভৌতগুণ নির্ভর করিলেও ইহার মধ্যে কারবনের অনুপাত মূলতঃ বিবেচনা করিয়াই ইহাকে ঢালাই লোহা, ইস্পাত ও পেটালোহা এই তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। ঢালাই লোহায় কারবনের অনুপাত সর্বাপেক্ষা বেশী, পেটা লোহায় কারবনের অনুপাত সর্বাপেক্ষা

কম, ও ইস্পাতে কারবনের অনুপাত ঢালাই লোহার কারবনের অনুপাত হইতে কম ও পেটা লোহার কারবনের অনুপাত হইতে বেশী।

ঢালাই লোহা : ইহাতে কারবনের শতকরা হার 2 হইতে 5 (2%–5%)। কারবনবাদে ইহাতে সামান্য পরিমাণে সিলিকন, ফসফরস, গন্ধক এবং ম্যাঙ্গানীজও অপদ্রব্যরূপে বিদ্যমান। এইজন্য ইহা অন্য দুই শ্রেণীর লোহ অপেক্ষা অধিকতর **গলনশীল** (গলনাঙ্ক, 1200°C)। ইহা ভঙ্গুর সুতরাং হাতুরির কাজ ইহার উপর চলে না। সুতরাং শুধু ঢালাইএর দ্বারা ইহা হইতে কড়াই, বাড়ীর রেলিং (Railings) ও সাজের দ্রব্য (Ornamental goods) প্রস্তুত করা হয়। কিন্তু ঢালাই লোহার বেশী অংশই ইস্পাত তৈয়ারির জন্য ব্যবহৃত হয়।

পেটা লোহা : তিন শ্রেণীর বাণিজ্যিক লৌহের মধ্যে পেটা লোহাই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ। ইহাতে কারবনের শতকরা হার 0·12 হইতে 0·25। (0·12%–0·25%) এবং অন্যান্য অপদ্রব্য নাই বলিলেই চলে। সুতরাং ইহার **গলনশীলতা** সর্বাপেক্ষা কম (গলনাঙ্ক, 1500°C)। ইহা আঁশাল (fibrous), ঘাতসহ ও প্রসার্য। শিকল, নোঙ্গর (Anchor) ও তড়িৎ-চুম্বকের অন্তর-অংশ (Core) তৈয়ারীতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

ইস্পাত : ইহাতে কারবনের শতকরা হার 0·15 হইতে 1·5 (0·15%—1·5%) এবং ইহার গলনাঙ্ক 1300°C ও 1400°C এর মধ্যে। ইহাতে পান দেওয়া চলে (tempered) অর্থাৎ ইহার কঠোরতা (Hardness) ইচ্ছামত কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ও তারপর ঠাণ্ডা করিয়া পরিবর্তিত করা যায়। যদি ইহাকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া তারপর জল কিংবা কোন তৈলে নিক্ষেপ করিয়া হঠাৎ ঠাণ্ডা করা যায় তবে ইহা অত্যন্ত শক্ত ও ভঙ্গুর হয়। এই প্রক্রিয়ার পর যদি ইহাকে পুনরায় কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতা পর্যন্ত (230°C—290°C) উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করা হয় তবে ইহার পূর্ব কঠোরতা হ্রাস পাইয়া ইহাতে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণের কঠোরতা অর্সায়। এই প্রক্রিয়াকে **কোমলায়ন** (Annealing) বলে। যে উষ্ণতা পর্যন্ত ইহাকে উত্তপ্ত করা হয় তাহার উপর নির্ভর করে ইহার কঠোরতার পরিমাণ। ইহাকে এইভাবে কোমলাইত করিয়া খুর, ঘড়ির স্প্রিং প্রভৃতি নানাবিধ প্রয়োজনীয় দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। ইহাকে স্থায়ীভাবে চুম্বকিত (Magnetized) করা যায়। ছুরি, কাঁচি প্রভৃতি কাটিবার ও অস্ত্রোপচারে ব্যবহৃত অস্ত্রাদি, রেল, ইঞ্জিন, কড়িকাঠ বা আড়া (joist) বরগা (Rafter) কামান, বন্দুক প্রভৃতি যুদ্ধাস্ত্র, কৃষিকার্যের যন্ত্রপাতি, ঘড়ির স্প্রিং, সেতু ও অন্যান্য বহুবিধ প্রয়োজনীয় দ্রব্য সম্ভার তৈয়ারীতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

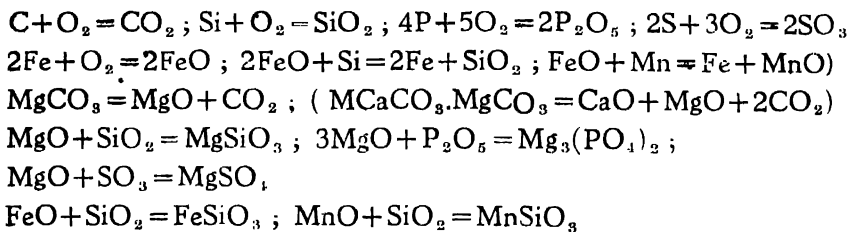
ঢালাই লোহা, ইস্পাত ও পেটা লোহার কয়েকটি বিশিষ্ট ভৌত গুণের তুলনামূলক সারণী ঃ

কয়েকটি বিশিষ্ট ভৌত গুণ	ঢালাই লোহা	ইস্পাত	পেটা লোহা
(১) কারবনের পরিমাণ	2—5%	0·15 —1·5%	0·12—0·25%
(২) গলনাঙ্ক	1200°C	1300 C-1400°C	1500 C
(৩) কঠোরতা	শক্ত	শক্ত ও নরম	নরম
(৪) ভঙ্গুরতা/ঘাতসহতা	ভঙ্গুর	ভঙ্গুর ও ঘাতসহ	ঘাতসহ
(৫) পান দেওয়া চলে কিনা (Tempering)	পান দেওয়া চলে না	পান দেওয়া চলে	পান দেওয়া চলে না।
(৬) পিটিয়া জোড়া লাগান চলে কিনা (welding)	পিটিয়া জোড়া লাগান চলে না	পিটিয়া জোড়া লাগান চলে	পিটিয়া জোড়া লাগান চলে
(৭) চুম্বকন (Magnetization)	স্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায় না	স্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায়	স্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায় না

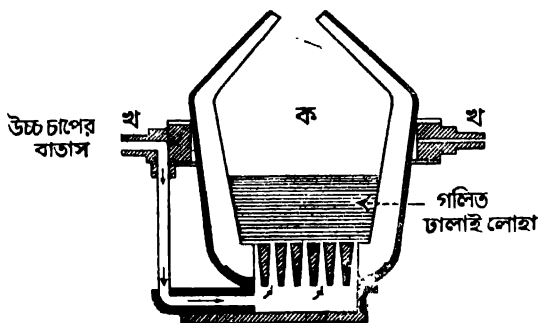
ঢালাই লোহা হইতে ইস্পাত তৈয়ারির কার্যনীতি (Principle of preparation of steel from cast iron) ঃ পূর্বেই বলা হইয়াছে যে ঢালাই লোহায় কারবন, সিলিকন, ফসফরস, গন্ধক ও মঙ্গানিজ অপদ্রব্যরূপে বিদ্যমান। এই শ্রেণীর লোহা হইতে ইস্পাত প্রস্তুত করিতে হইলে (১) প্রথমে ইহা গলাইয়া তাহার ভিতর দিয়া বায়ুস্রোত চালাইয়া ইহার অপদ্রব্যগুলিকে জারিত করিয়া ও পরে তাহাদিগকে ধাতুমলরূপে অপসারিত করিয়া পেটা লোহার ন্যায় বিশুদ্ধতর লোহা প্রস্তুত করিতে হয় এবং (২) তারপর তাহাতে হিসাবমত নির্দিষ্ট পরিমাণ কারবন মিশাইতে হয়।

সাধারণতঃ সিমেন্স-মার্টিন উন্মুক্ত হার্ত পদ্ধতি (Siemens-Martin Open Hearth Process) ও বিসেমার পদ্ধতি (Bessemer Process) এই দুইটি প্রণালীতে ঢালাই লোহা হইতে ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়ঃ

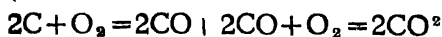
(১) **উন্মুক্ত হার্ত পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে ম্যাগনেসাইট, $MgCO_3$ অথবা ডলোমাইট ($CaCO_3$ $MgCO_3$) এর আস্তরযুক্ত (লোহায় ফসফরস থাকিলে) পরাবর্ত চুল্লীর অনুরূপ একটি চুল্লীতে বায়ু প্রবাহে গ্যাসীয় জ্বালানি পোড়াইয়া অপদ্রব্যগুলি অপসারিত করা হয়। ইহাতে পরপৃষ্ঠার উপরিভাগে লিখিত বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে ঃ

$C+O_2=CO_2$; $Si+O_2=SiO_2$; $4P+5O_2=2P_2O_5$; $2S+3O_2=2SO_3$
$2Fe+O_2=2FeO$; $2FeO+Si=2Fe+SiO_2$; $FeO+Mn=Fe+MnO$)
$MgCO_3=MgO+CO_2$; ($MCaCO_3.MgCO_3=CaO+MgO+2CO_2$)
$MgO+SiO_2=MgSiO_3$; $3MgO+P_2O_5=Mg_3(PO_4)_2$;
$MgO+SO_3=MgSO_4$
$FeO+SiO_2=FeSiO_3$; $MnO+SiO_2=MnSiO_3$

উৎপন্ন ধাতব লবণগুলি গলিত ধাতুমলরূপে অপসারিত হয়।

এইরূপে শোধিত গলিত লৌহে হিসাবমত কোকচূর্ণ না দিয়া কারবন, লৌহ ও ম্যাঙ্গানিজের সংকর ধাতু স্পাইজেলিসেন (spiegeleisen) অথবা ফেরো ম্যাঙ্গানিজ (ferromanganese) মিশাইয়া ইস্পাতে নির্দিষ্ট পরিমাণ কারবন যোগাইতে হয়। ম্যাঙ্গানিজ এখানে গলিত লৌহে দ্রবীভূত অক্সিজেনের **অপসারক** (Deoxidiser) রূপে কাজ করে।

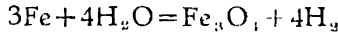
(২) **বিসেমার পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি প্রায় একই। এখানে শুধু পার্থক্য এই যে ঢালাই লোহার অপদ্রব্যগুলি উচ্চ চাপের

চিত্র—৮৬

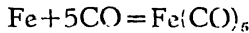
বাতাসের সাহায্যে জারিত হয় এবং কারবন সকলের শেষে জারিত হইয়া COএ পরিণত হয় ও উহা ব্যবহৃত ডিম্বাকৃতি কনভার্টার (Converter) নামক যন্ত্রের (চিত্র ৮৬) মুখে পুড়িতে থাকে :

$$2C+O_2=2CO \text{ । } 2CO+O_2=2CO_2$$

লৌহের গুণ : বিশুদ্ধ লৌহ একটি রজতশুভ্র, দ্যুতিমান, নরম ও ভারী ধাতু। ইহা ঘাতসহ ও প্রসার্য। ইহা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয় ও অস্থায়ী ভাবে ইহাকে চুম্বকিত করা যায়।

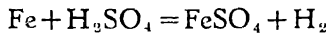
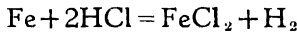
ইহার সহিত অনার্দ্র বাতাস বিক্রিয়া করে না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসে বিশুদ্ধ লৌহে বিশেষভাবে মরিচা না ধরিলেও অবিশুদ্ধ লৌহে সহজেই মরিচা ধরিয়া যায়। অক্সিজেনে লোহিত তপ্ত করিলে ইহা জ্বলিয়া ওঠে ও ইহা জারিত হইয়া Fe_3O_4 উৎপাদন করে।

লোহিত তপ্ত অবস্থায় ইহার উপর স্টীম চালিত করিলে Fe_3O_4 ও H_2 উৎপাদিত হয়

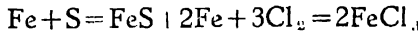
$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

উত্তপ্ত অবস্থায় ইহার উপর CO চালিত করিলে আয়রণ কারবনিল $Fe(CO)_5$ উৎপন্ন হয়

$$Fe + 5CO = Fe(CO)_5$$

হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া H_2 ও যথাক্রমে ফেরাস ক্লোরাইড ও সালফেট উৎপাদন করে।

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ার বিষয় ঐ অ্যাসিডের গুণ প্রসঙ্গে আলোচিত হইয়াছে।

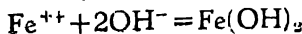
উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা গন্ধক ও হ্যালোজেনগণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে ফেরাস সালফাইড ও ফেরিক হ্যালাইড উৎপাদন করে

$$Fe + S = FeS \mid 2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

ক্ষারের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না।

লৌহে মরিচা ধরা ও তাহার প্রতিকার: যখন একখণ্ড সাধারণ লৌহ আর্দ্র বাতাসে উন্মুক্ত রাখা হয় তখন তাহার উপরে রক্তাভ বাদামী রং-এর এক প্রকার শিথিল আবরণ পড়িয়া থাকে। ইহাকে লৌহে মরিচা ধরা বলে ও ঐ বাদামী রং-এর উৎপন্ন পদার্থকে মরিচা বলে। মরিচা লৌহের এক প্রকার সোদক অক্সাইড এবং প্রধানতঃ $2Fe_2O_3, 3H_2O$, ইহার সংকেত।

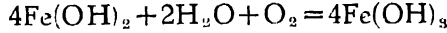
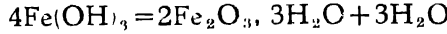
লৌহের মরিচা ধরার আধুনিক মতবাদ: আর্দ্র বাতাসে লৌহ ও তাহার অপদ্রব্য মিলিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বৈদ্যুতিক কোষ সৃষ্টি করে যাহার ফলে লৌহ পরমাণু আয়নিত হইয়া যায় ও জলের বিয়োজনে উৎপন্ন H^+ আয়ন H_2 অণুতে পরিণত হয়

$Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e \mid H_2O \rightarrow H^+ + OH^- \mid 2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \mid Fe^{++}$ আয়ন দুইটি OH^- আয়নের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $Fe(OH)_2$ উৎপাদন করে

$$Fe^{++} + 2OH^- = Fe(OH)_2$$

উৎপন্ন $Fe(OH)_2$ বায়ুর জলীয় বাষ্প এবং O_2 সহিত বিক্রিয়া করিয়া $Fe(OH)_3$-এ পরিণত হয়

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$$

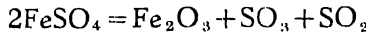
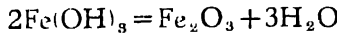
$Fe(OH)_3$ আংশিকভাবে অনার্দ্র হইয়া মরিচায় পরিণত হয়

$$4Fe(OH)_3 = 2Fe_2O_3, 3H_2O + 3H_2O$$

নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলির দ্বারা মরিচা ধরা প্রতিহত করা হয়ঃ

লৌহকে (১) তৈল মিশ্রিত Al চূর্ণ বা Fe_2O_3 চূর্ণ প্রভৃতি রং ও আলকাতরা দ্বারা আবৃত করিয়া ; (২) দস্তা লিপ্ত ও রাং-এর কলাই করিয়া ; (৩) তপ্ত লোহের উপর স্টীম চালনা দ্বারা তাহার উপর Fe_3O_4 পরিন্যস্ত করিয়া ; ও (৪) ক্রোমিয়মের সংকর ধাতু সৃষ্টি করিয়া।

ফেরিক অক্সাইড, Fe_2O_3 : প্রস্তুতি—ফেরিক হাইড্রক্সাইড অথবা ফেরাস সালফেট বাতাসে দগ্ধ করিয়া (Ignite) ফেরিক অক্সাইড তৈয়ারি করা হয়।

$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_3 + SO_2$$

ফেরাস সালফেট হইতে উৎপন্ন Fe_2O_3 গাঢ় লাল বর্ণের। ইহা **রুজ** নামে সৌন্দর্যবর্ধক (cosmetic) রূপে ও পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ ঃ (১) সৌন্দর্য বর্ধকরূপে, (২) পালিশের কাজে, (৩) তৈল মিশ্রিত অবস্থায় রং হিসাবে ও (৪) অনুঘটক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। মারুত চুল্লীতে লৌহ নিষ্কাশনে যে সমস্ত কার্যনীতি অবলম্বন করা হয় তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ইহাতে কোক ও চুনা পাথরের কাজ কি?

২। পেটা লোহা, ইস্পাত ও ঢালাই লোহা কাহাকে বলে। তাহাদের বিশেষ বিশেষ ভৌতগুণগুলির মধ্যে কি কি পার্থক্য দেখা যায়? এই সমস্ত পার্থক্য কি কারণে উদ্ভব হয়?

৩। ঢালাই লোহা হইতে ইস্পাত প্রস্তুতির কার্যনীতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

ঢালাই লোহা, ইস্পাত ও পেটা লোহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৪। লৌহের প্রধান প্রধান গুণ বর্ণনা কর।

৫। লৌহে মরিচা ধরা কাহাকে বলে? কিভাবে ইহা ধরিয়া থাকে? কিভাবে ইহা নিবারণ করা যায়?

৬। ফেরিক অক্সাইড কিভাবে তৈয়ারি করা হয়? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

চতুর্থ খণ্ড

কারবনের যৌগসমূহ—জৈব রসায়ন

(Organic Chemistry)

একত্রিংশ অধ্যায়

জ্বালানি বা ইন্ধন (Fuel)

রন্ধন ও গৃহস্থালির নানা প্রকার প্রয়োজনীয় কাজে, যানবাহন পরিচালনায়, বিবিধ রাসায়নিক ও অন্যান্য শিল্পে ও পরীক্ষাগারে যে সমস্ত দাহ্য পদার্থ বাতাসে পোড়াইয়া তাপ উৎপাদন করা হয় তাহাদিগকে **জ্বালানি** বা **ইন্ধন** (**Fuel**) বলে।

ইহাতে কারবন যুক্ত অথবা মুক্ত অবস্থায় সর্বদাই বিদ্যমান এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেনও বর্তমান। ইহারা কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থাতেই ব্যবহৃত হয়।

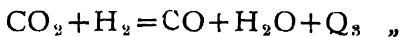
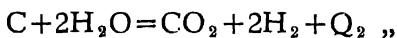
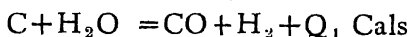
(১) **কঠিন জ্বালানি**ঃ কাঠ কয়লা, পাথুরে কয়লা (coal), কোক, কাঠ ও খড়। গৃহস্থালির কাজে, ধাতুনিষ্কাশনে, ইঞ্জিন ও অন্যান্য বহু যন্ত্রপাতি চালনায় এই শ্রেণীর জ্বালানি ব্যবহৃত হয়।

(২) **তরল জ্বালানি**ঃ কেরোসিন, পেট্রোল, কোহল (C_2H_5OH), বেনজিন (C_6H_6) ও ডিজেল তৈল (Diesel oil)। ইহারা মোটর, বিমান, জাহাজ প্রভৃতির ইঞ্জিনে ও স্টোভ প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) **গ্যাসীয় জ্বালানি**ঃ কোল গ্যাস (Coal gas), প্রডিউসার গ্যাস (Producer gas) এবং ওআটার গ্যাস (Water gas)। ইহারা নানা প্রকার রাসায়নিক শিল্পে, গৃহস্থালির কাজে, পরীক্ষাগারে ও পথ-ঘাট আলোকিত করিতে ব্যবহৃত হয়।

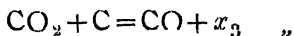
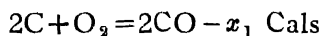
ওআটার গ্যাসের প্রস্তুতি-রসায়ন (Chemistry of Preparation of Water gas)ঃ শ্বেত তপ্ত (উষ্ণতা—1000°C) কোকের স্তরের ভিতর দিয়া স্টীম চালিত করিয়া ওআটার গ্যাস উৎপাদন করা হয়। ইহা প্রধানতঃ সমআয়তনের CO ও H_2-এর মিশ্র যদিও ইহাতে সামান্য পরিমাণে CO_2ও থাকে। এই গ্যাস

উৎপাদনে শ্বেততপ্ত কোকের সহিত স্টীমের যে তিনটি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণের সাহায্যে নিম্নে ব্যক্ত করা হইল ;

$$C+H_2O = CO+H_2+Q_1 \text{ Cals}$$
$$C+2H_2O=CO_2+2H_2+Q_2 \text{ ,,}$$
$$CO_2+H_2=CO+H_2O+Q_3 \text{ ,,}$$

এই তিনটি বিক্রিয়াই তাপগ্রাহী (Endothermic) হওয়ায় স্টীম যখন চালিত হইতে থাকে তখন কোকের উষ্ণতা ক্রমশঃ হ্রাস পায়। সেইজন্য কয়েক মিনিট (8-9) স্টীম চালিত করিবার পর তাহা বন্ধ করিয়া 2-3 মিনিট বাতাস চালাইতে হয় কারণ তাহাতে কোকের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইয়া থাকে। তারপর আবার স্টীম চালাইতে হয়।

ওআটার গ্যাস জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হইবার সময় ইহার উপাদান CO ও H_2 তাপ বিকিরণসহ দগ্ধ হইয়া যথাক্রমে CO_2 ও H_2O উৎপাদন করে।

প্রডিউসার গ্যাসের প্রস্তুতি-রসায়ন (Chemistry of Preparation of Producer gas)ঃ শ্বেততপ্ত (উষ্ণতা—1000°C) কোকের স্তরের ভিতর দিয়া নিয়ন্ত্রিত (limited) হারে বায়ু প্রবাহ চালিত করিয়া প্রডিউসার গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। মোটামুটিভাবে ইহা একটি CO এবং N_2 এর মিশ্র। CO-এর সহিত কিছু CO_2 উৎপন্ন হইলেও তাহা উত্তপ্ত কোকের দ্বারা বিজারিত হইয়া CO-এ পরিণত হয়। ইহার উৎপাদনে যে তিনটি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণের সাহায্যে নিম্নে দেওয়া হইল ; তিনটি বিক্রিয়ার মধ্যে প্রথম দুইটি তাপমোচী ও শেষেরটি তাপগ্রাহী।

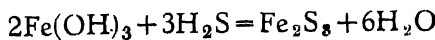
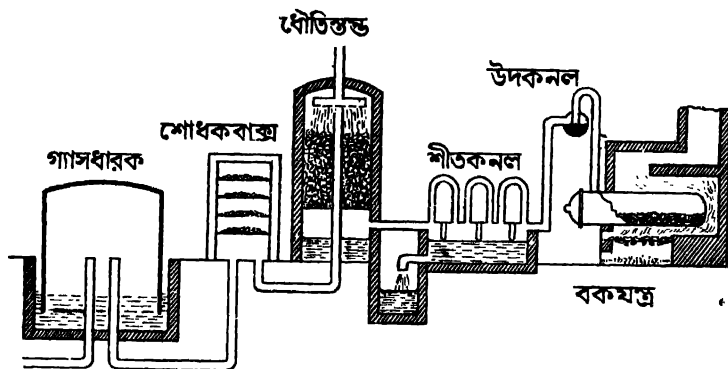
$$2C+O_2=2CO-x_1 \text{ Cals}$$
$$C+O_2=CO_2-x_2 \text{ ,,}$$
$$CO_2+C=CO+x_3 \text{ ,,}$$

প্রডিউসার গ্যাস জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হইবার সময় ইহার দুইটি উপাদানের মধ্যে শুধু CO-ই তাপ বিকিরণসহ পুড়িয়া CO_2 উৎপাদন করে।

জতুগর্ভ (Bituminous) পাথুরে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন (Destructive Distillation of Coal)—কোল গ্যাস (Coal gas) প্রস্তুতিঃ দ্বাবিংশ অধ্যায়ে কারবনের বহুরূপতা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে জতুগর্ভ পাথুরে কয়লায় কারবনের সহিত কতকগুলি জৈব পদার্থ বিদ্যমান। উহার অন্তর্ধূম পাতনের সময় জৈব পদার্থগুলি বিযোজিত হইয়া কয়েকটি উদ্বায়ী ও গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয়। এই গ্যাসীয় পদার্থগুলি হইতে আপত্তিকর গন্ধকঘটিত যৌগ পৃথক করিয়া যাহা অবশিষ্ট থাকে তাহাই কোল গ্যাস (Coal gas) নামে পরিচিত।

অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত একত্রে সজ্জিত অনেকগুলি বেলনাকার ও রুদ্ধ বকযন্ত্রে প্রডিউসার গ্যাস পোড়াইয়া প্রায় 1000°C উষ্ণতায় জতুগভ কয়লার অন্তর্ধূম পাতন ক্রিয়া (Destructive distillation) সম্পন্ন করা হয়। উদ্বায়ী ও গ্যাসীয় জাতদ্রব্যগুলি বকযন্ত্র সংলগ্ন উর্ধ্বগ নলের (Ascension pipe) ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া তৎসংলগ্ন একটি আংশিকভাবে জলপূর্ণ ঔদক নলে (Hydraulic main) জলের মধ্যে প্রবেশ করে। সেখানে, জাতদ্রব্যগুলির উষ্ণতা হ্রাস পাইয়া 60°C-এ নামিয়া আসে ও কিছু আলকাতরা ও জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং কিছু অ্যামোনিয়া ও তাহার লবণ দ্রবীভূত হয়। ঔদক নল পরিত্যাগ করিয়া উহা এক সারি পরস্পরসংলগ্ন শীতক নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। এই সমস্ত শীতক নলের নীচে কূপ নির্মিত থাকে। এই নলগুলির ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় গ্যাসীয় মিশ্রের উষ্ণতা আরও হ্রাস পাইয়া উহা ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে—যাহার ফলে বেশীর ভাগ আলকাতরা এবং অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় জলীয় বাষ্পসহ ঘনীভূত হয় ও নীচের কূপে সঞ্চিত হয়। কূপে সঞ্চিত তরল দ্রব্য দুইটি স্তরে বিভক্ত থাকে—নীচের স্তর আলকাতরার ও উপরের স্তর অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর (Ammoniacal liquor) নামক অ্যামোনিয়া ও তাহার লবণের জলীয় দ্রবের।

শীতলীকৃত গ্যাস শীতক নল হইতে কোকের টুকরা পূর্ণ একটি ধৌতিস্তম্ভের (scrubber) অধোদেশে, চোষণ-পাম্পের সাহায্যে, প্রবেশ করাইয়া উহার উপর দিকে চালিত করা হয়। এই স্তম্ভের উপর হইতে নীচের দিকে জলের ধারা ক্ষরিত হইতে থাকে যাহার ফলে আলকাতরার বাষ্পের ও অ্যামোনিয়ার যে সামান্য অংশ শীতক নলে অপসারিত হয় নাই তাহাও এখানে অপসারিত হয় ও জলের সহিত আলকাতরা-কূপে সঞ্চিত হয়।

ধৌতিস্তম্ভ হইতে গ্যাস শোধকস্তম্ভের বা বাক্সের (purifier) ভিতর দিয়া পরিচালিত হয় ও সেখানে বিভিন্ন তাকের উপর রক্ষিত ফেরিক হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় গ্যাস মধ্যস্থিত H_2S অপসারিত হয়।

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

এইরূপে শোধিত গ্যাসই কোল গ্যাস নামে অভিহিত। ইহা শোধকবাক্স হইতে জলের উপর ভাসমান ইস্পাতের বড় বড় গ্যাসধারকের (gas holder) মধ্যে সংগৃহীত হয়। কোল গ্যাস তৈয়ারি করিবার জন্য যে রকম জনিত্র (plant) ব্যবহৃত হয় তাহার একটি নক্সা ৮৭ নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

চিত্র—৮৭

কোল গ্যাসের উপাদানসমূহের নাম ও তাহাদের আয়তনের শতকরা হার নিম্নে দেওয়া হইল :—

উপাদানের নাম	শতকরা হার
হাইড্রোজেন	45—50%
মিথেন বা মার্স গ্যাস (CH_4)	30—35%
কারবন মন-অক্সাইড (CO)	4—10%
অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন (unsaturated hydrocarbon)—ইথিলীন, অ্যাসেটিলীন ইত্যাদি—	4%
নাইট্রোজেন	4—8%
কারবন ডাই-অক্সাইড	অতি সামান্য পরিমাণ

কোল গ্যাস প্রস্তুতি-শিল্পে উৎপন্ন উপজাত দ্রব্যসমূহ (Bye products) : জতুগর্ভ কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন কোল গ্যাসের সহিত অনেকগুলি উপজাত দ্রব্য পাওয়া যায়। নানাবিধ শিল্পে তাহাদের ব্যবহার আছে। নিম্নে তাহাদের বিষয় আলোচিত হইল :

(১) **কোক :** বকযন্ত্রে অবশেষরূপে ইহা পাওয়া যায়। ইহা একটি মূল্যবান জ্বালানি ও বিজারক। ধাতু নিষ্কাশনে ইহা অনেক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

(২) **গ্যাস-কারবন :** বকযন্ত্রের অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ অংশে শক্ত প্রলেপরূপে ইহা পাওয়া যায়। বৈদ্যুতিক কোষ বা ব্যাটারীর মেরুরূপে এবং বৈদ্যুতিক পাখায় কারবন পেন্সিলরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(৩) **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর (Ammoniacal liquor) :** আলকাতরা-কূপে উপরের স্তরে সঞ্চিত তরল পদার্থ। অ্যামোনিয়া ও তাহার বিভিন্ন লবণ ইহা হইতে প্রস্তুত করা হয়।

(৪) **আলকাতরা :** কূপের নীচের স্তরে সঞ্চিত অংশ। বিভিন্ন ধাতব বস্তুর আবরক রূপে ও বেনজিন, টলুইন, ন্যাপথ্যালীন, কারবলিক অ্যাসিড প্রভৃতি বহু অতি প্রয়োজনীয় দ্রব্য প্রস্তুতির প্রারম্ভিক পদার্থ হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(৫) **লৌহের নিঃশেষিত অক্সাইড** (Spent oxide of iron) ইহা পোড়াইয়া SO_2 উৎপাদন করা হয় যাহা H_2SO_4 প্রস্তুতিতে প্রয়োজন।

কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতন (Destructive Distillation of Wood) : বৃহৎ লৌহ-বকযন্ত্রে কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতনদ্বারা আমরা পাতনজাত দ্রব্য হিসাবে পাই—(১) কয়েকটি দহনশীল গ্যাসের মিশ্র, (২) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড (Pyroligneous acid) নামক একপ্রকার তীব্র আম্লিক জলীয় অংশ, (৩) কাঠ-আলকাতরা (wood tar) ও (১) লৌহবকযন্ত্রে অবশেষ রূপে কাঠ কয়লা।

তীব্র আম্লিক পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে থাকে—(১) জল, (২) মিথাইল অ্যালকোহল (Methyl alcohol), (৩) অ্যাসেটিক অ্যাসিড (Acetic acid), (৪) অ্যাসিটোন (Acetone) ও (৫) সামান্য পরিমাণে মিথাইল অ্যাসিটেট (Methyl acetate).

কাঠ-আলকাতরায় পাওয়া যায়—(১) খনিজ মোম বা প্যারাফিন (Paraffins) (২) ফেনোল বা কারবোলিক অ্যাসিড শ্রেণীর কয়েকটি দ্রব্য (Phenols) ও (৩) অন্যান্য কয়েকটি জৈব পদার্থ।

পেট্রোলিয়ম বা খনিজ তৈলের আংশিক পাতনজাত দ্রব্যসমূহ (Products of Fractional Distillation of Petroleum) :

খনি হইতে উত্তোলিত অশোধিত পেট্রোলিয়ম একপ্রকার গাঢ় বর্ণের সান্দ্র (viscous) তরল পদার্থ। ইহা শুধু হাইড্রোজেন ও কারবন পরমাণুতে গঠিত হাইড্রোকারবন জাতীয় শত শত দ্বিযৌগিক পদার্থের সমষ্টি মাত্র। জটিল যন্ত্রপাতির সাহায্যে ইহার আংশিক পাতনদ্বারা যে সমস্ত ভিন্ন ভিন্ন পাতিত দ্রব্য প্রস্তুত করা হয় তাহাদের নাম ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ নীচে দেওয়া হইল :

পেট্রোলিয়মের আংশিক পাতনজাত দ্রব্যসমূহের নাম ও তাহাদের ব্যাবহারিক প্রয়োগ।

আংশিক পাতনজাত দ্রব্য	ব্যাবহারিক প্রয়োগ
১। দহনশীল গ্যাসীয় মিশ্র	জ্বালানিরূপে ও ভুসা প্রস্তুতিতে।
২। পেট্রোলিয়ম ইথার (Petroleum ether)	২। তৈল ও চর্বি নিষ্কাশনে দ্রাবকরূপে।
৩। পেট্রোল বা গ্যাসোলীন (Petrol or gasoline).	৩। মোটর গাড়ী, বিমান ও জাহাজ চালনায় জ্বালানিরূপে।
৪। বেনজোলাইন্ (Benzoline).	৪। দ্রাবক রূপে।
৫। কেরোসিন অথবা প্যারাফিন তৈল (Kerosene or paraffin oil).	৫। আলো জ্বালাইবার ও তাপ উৎপাদনের কাজে ; ভারী ভারী ইঞ্জিন চালাইবার জ্বালানিরূপে।
৬। লঘু জ্বালানি তৈল বা ডিজেল তৈল (Light fuel oil or diesel oil).	চুল্লী জ্বালাইবার ও ডিজেল ইঞ্জিন (diesel Engine) চালাইবার জ্বালানিরূপে।
৭। পিচ্ছিলকারক তৈল ও ভেসিলীন (Lubricating oil and vaseline).	৭। যন্ত্রপাতিতে পিচ্ছিল কারক ও ক্ষয়নিবারক হিসাবে ও মলম তৈয়ারিতে।
৮। প্যারাফিন মোম (Paraffin wax)—কঠিন পদার্থ।	৮। মোমবাতি ও মোম-মাজা কাগজ (Waxed paper) প্রস্তুতিতে।
৯। পেট্রোলিয়ম পিচ্ (Petroleum pitch).	৯। রাস্তা ও ছাদ আচ্ছাদক এবং জ্বালানি হিসাবে।

প্রশ্নমালা

১। জ্বালানি কাহাকে বলে ? কোন্ কোন্ অবস্থায় ইহা থাকিতে পারে ? প্রত্যেক অবস্থার দুই একটি প্রয়োজনীয় জ্বালানির উদাহরণ দাও।

২। ওআটার গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাসের প্রস্তুতি-রসায়ন সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। কোলগ্যাস কাহাকে বলে ও তাহার উপাদান কি কি ? কাঁচা মাল হইতে আরম্ভ করিয়া ইহার শেষ সংগ্রহ-করণ পর্যন্ত যাহা জান, সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৪। কোলগ্যাস প্রস্তুতিতে উপজাত হিসাবে কি কি দ্রব্য পাওয়া যায় ? তাহাদের ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৫। কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা কি কি দ্রব্য উৎপন্ন হয় ?

৬। খনিজ পেট্রোলিয়মের অন্তর্ধূম পাতন হইতে কি কি পণ্য দ্রব্য পাওয়া যায় ? তাহাদের ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

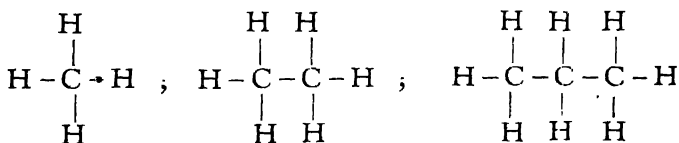
দ্বাত্রিংশ অধ্যায়

হাইড্রোকারবন (Hydrocarbon)
ও তাহার হ্যালোজেন-যৌগ (Halogen compound)

হাইড্রোকারবন (Hydro Carbon)

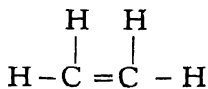
• শুধু কারবন ও হাইড্রোজেনের পরমাণুর দ্বারা গঠিত দ্বিযৌগিক পদার্থগুলিকে **হাইড্রোকারবন** বলে। ইহারাই জৈব যৌগসমূহের মধ্যে সর্বাপেক্ষা সরল (simplest)।

ইহারা দুই শ্রেণীতে বিভক্ত :—(ক) **পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন** (Saturated hydrocarbons) ও (খ) **অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন** (unsaturated hydrocarbons)। পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবনের অণুর কারবন-পরমাণু যখন অপর কারবন-পরমাণুর সহিত রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয় তখন তাহা মাত্র একটি সহ-যোজ্যতার (single covalency) মাধ্যমেই সংঘটিত হয়। কারবন-পরমাণুর অবশিষ্ট যোজ্যতা হাইড্রোজেন-পরমাণুর দ্বারা পরিতৃপ্ত হয়। এইভাবে পরিতৃপ্ত যোজ্যতাযুক্ত যৌগকে পরিপৃক্ত (Saturated) যৌগ বলে। পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন পরিবারের প্রথম তিনটির সংযুতি-সংকেত (Structural formula) উদাহরণ-স্বরূপ নিম্নে প্রদত্ত হইল :—

$$
\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array} \quad ; \quad
\begin{array}{c} H\;\;H \\ |\;\;\;| \\ H-C-C-H \\ |\;\;\;| \\ H\;\;H \end{array} \quad ; \quad
\begin{array}{c} H\;\;H\;\;H \\ |\;\;\;|\;\;\;| \\ H-C-C-C-H \\ |\;\;\;|\;\;\;| \\ H\;\;H\;\;H \end{array}
$$

মিথেন (Methane) ইথেন (Ethane) প্রপেন (Propane)

পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন অণুর হাইড্রোজেনের পরমাণু অন্য মৌলের পরমাণু বা মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং এইভাবে উৎপন্ন যৌগকে **প্রতিস্থাপিত যৌগিক** (Substitution compound) বলে। কিন্তু অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবনের অণুর কারবন-পরমাণু পরস্পরের সহিত দুইটি বা তিনটি সহ-যোজ্যতার বন্ধনে আবদ্ধ থাকে ও তাহার অবশিষ্ট যোজ্যতা হাইড্রোজেন-পরমাণুর দ্বারা পরিতৃপ্ত হয়। যখন দুইটি কারবন-পরমাণুর মধ্যে দুইটি যোজ্যতার বন্ধন থাকে তখন সেই বন্ধনকে **দ্বি-বন্ধ** (Double bond) বলে। এইরূপ তিনটি যোজ্যতার বন্ধন থাকিলে তাহাকে **ত্রি-বন্ধ** (Triple bond) বলে।

এইরূপ দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ যুক্ত যৌগকে **অপরিপৃক্ত** (unsaturated) যৌগ বলে। যেমন,

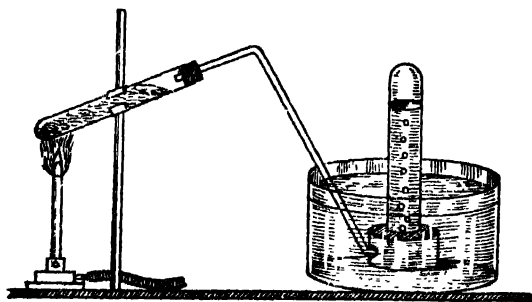
$$\begin{array}{cc} \;\;\;\;H\;\;H \\ \;\;\;\;|\;\;\;\;| \\ H-C=C-H \end{array} \qquad H-C\equiv C-H$$

ইথিলীন (Ethylene) অ্যাসেটিলীন (Acetylene)

এক বন্ধের তুলনায় দ্বিবন্ধ ও ত্রিবন্ধ অপেক্ষাকৃত ক্ষীণ (weak)। সেই হেতু অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন, অনুকূল অবস্থায় অপর মৌল ও যৌগের সহিত সংযুক্ত হইয়া পরিপৃক্ত যৌগে পরিণত হয়। এইভাবে উৎপন্ন যৌগকে **যুত-যৌগিক** (Additive compound) বলে।

পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন

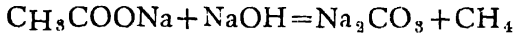
মিথেন (Methane)

সংকেত, CH_4। আণবিক গুরুত্ব, 16।

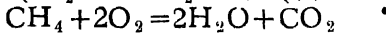
অবস্থান : মিথেন, ফসফিন (Phosphine) সহ, জলাভূমিতে উৎপন্ন হয়। এইজন্য ইহার অন্য নাম মার্স গ্যাস (Marsh gas)। যখন ইহা জলের উপরে উত্থিত হইয়া বাতাসের অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসে তখন স্বতঃস্ফূর্তভাবে ইহাতে আগুন ধরিয়া যায়। এই দৃশ্যকে **আলেয়া** বলে। কয়লার খনিতেও ইহার অবস্থিতি দেখিতে পাওয়া যায় যাহার জন্য সময়ে সময়ে কোন কোন খনিতে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ও অগ্নিকাণ্ড ঘটিয়া থাকে। এই কারণে খনি-মজুরেরা ইহাকে **আগ্নেয়বাষ্প** (Fire damp) বলে। কোল গ্যাসের ইহা একটি প্রধান উপাদান।

চিত্র—৮৮

প্রস্তুতি : বিশুদ্ধ সোডিয়ম অ্যাসিটেটের (Sodium acetate) সহিত উহার তিনগুণ ওজনের সোডা-চুন (Soda lime) মিশাইয়া নির্গম-নলযুক্ত একটি শক্ত কাচের পরীক্ষা নলে (চিত্র—৮৮) উহা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়ম অ্যাসিটেটের সহিত NaOH এর বিক্রিয়ায় Na_2CO_3 ও মিথেন উৎপন্ন হয়।

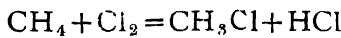
[প্রয়োজনীয় পরিমাণ NaOH এর দ্রব সহযোগে বাখারি চূণ (CaO) ফুটাইয়া ও উৎপন্ন মিশ্র শুষ্ক করিয়া যাহা পাওয়া যায় তাহাকে **সোডা চুন** বলে।]

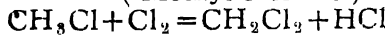
$$CH_3COONa + NaOH = Na_2CO_3 + CH_4$$

উৎপন্ন মিথেন জল ভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়। এইভাবে উৎপন্ন গ্যাসে কিছু H_2 ও ইথিলীন মিশ্রিত থাকে।

গুণ : মিথেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও বাতাস অপেক্ষা লঘুতর গ্যাস। জলে ইহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য। ইহা দাহক নহে। কিন্তু ইহা অনুজ্জ্বল শিখাসহ বাতাসে পুড়িয়া থাকে। বাতাস বা অক্সিজেনের সহিত ইহার মিশ্র আগুনের সংস্পর্শে আসিলে কিংবা উহাতে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা করিলে অতি প্রচণ্ড বিস্ফোরণসহ H_2O ও CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + 2O_2 = 2H_2O + CO_2$$

এই কারণেই মিথেনপূর্ণ কয়লার খনিতে অসাবধানতাবশতঃ আগুনের সংস্পর্শ দোষ ঘটিলেই বিস্ফোরণ হয়।

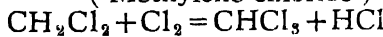
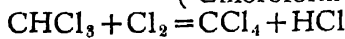
অ্যাসিড, ক্ষার, জারক ও বিজারক শ্রেণীর সাধারণ বিকারক ইহার সহিত ক্রিয়া করে না। কিন্তু সূর্যের ব্যাপ্ত আলোকে (Diffused light) Cl_2 ও Br_2 ইহার অণুর H_2 পরমাণুগুলিকে ক্রমে ক্রমে প্রতিস্থাপিত করিয়া বিভিন্ন প্রতিস্থাপিত-যৌগিক উৎপাদন করে।

$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$$

মিথাইল ক্লোরাইড
(Methyl chloride)

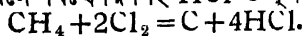
$$CH_3Cl + Cl_2 = CH_2Cl_2 + HCl$$

মিথিলীন ক্লোরাইড
(Methylene chloride)

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = CHCl_3 + HCl$$

ক্লোরোফর্ম
(Chloroform)

$$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 + HCl$$

কারবন টেট্রাক্লোরাইড
(Carbon teterachloride)

কিন্তু মিথেন ও ক্লোরিণ মিশ্রে অগ্নিসংযোগ করিলে কিংবা উহা প্রত্যক্ষ সূর্যকিরণে রাখিলে বিস্ফোরণসহ HCl ও ভূসা উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + 2Cl_2 = C + 4HCl.$$

অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন

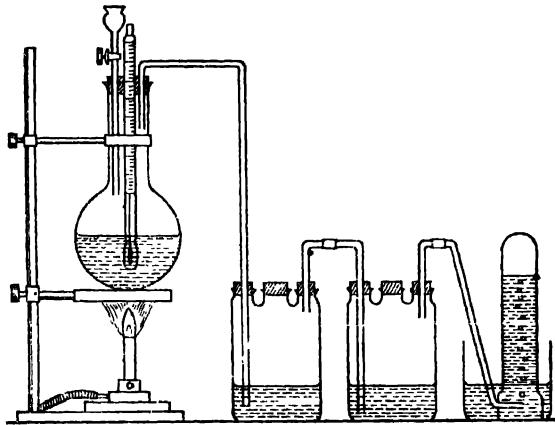
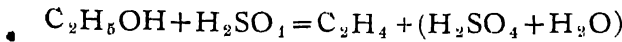
ইথিলীন (Ethylene)

সংকেত, C_2H_4। আণবিক গুরুত্ব, 28।

অবস্থান : কোলগ্যাস ও পেট্রোলিয়ম কূপে উৎপন্ন প্রাকৃতিক গ্যাসে (Natural gas) ইহা বিদ্যমান।

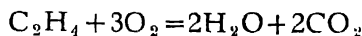
প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার পদ্ধতি :—নির্গম নল ও দীর্ঘনাল ফানেলযুক্ত একটি গোলতলা বিশিষ্ট কূপীতে ইথাইল অ্যালকোহল (Ethyl alcohol) ও উহার 4–5 গুণ ওজনের গাঢ় H_2SO_4 লইয়া এবং তাহাতে কিছু ভাঙ্গা কাচের টুকরা দিয়া ফুটাইলে কোহল হইতে জল অপসারিত হইয়া ইথিলীন উৎপন্ন হয়। (এখানে গাঢ় H_2SO_4 নিরুদক হিসাবে ও ভাঙ্গা কাচের টুকরা ফেনা নিবারক হিসাবে ক্রিয়া করে।)

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_4 + (H_2SO_4 + H_2O)$$

চিত্র—৮৯

উৎপন্ন C_2H_4-এ সামান্য পরিমাণে SO_2 ও CO_2 মিশ্রিত থাকে। উহাদিগকে অপসারিত করিবার জন্য উৎপন্ন গ্যাস প্রথমে ধোতি বোতলস্থিত KOH এর দ্রবের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া পরে জলভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয় (চিত্র—৮৯)।

গুণ : ইহা একটি বর্ণহীন ও ঈষৎ মিষ্টগন্ধি গ্যাস। ইহা প্রায় বাতাসের ন্যায় ভারী। জলে ইহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য। কিন্তু ইহা কোহলে অধিকতর দ্রবণীয়।

ইহা দাহক নহে। কিন্তু উজ্জ্বল শিখাসহ ইহা বাতাসে পুড়িয়া থাকে।

$$C_2H_4+3O_2=2H_2O+2CO_2$$

ইহার অনুতে দ্বিবন্ধ কারবন-পরমাণু থাকায় ইহা মিথেন হইতে অনেক অধিক সক্রিয়। হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন, হ্যালোজেন-অ্যাসিড, ধূমায়মান H_2SO_4 প্রভৃতির সহিত ইহার অণু সোজাসুজি যুক্ত হইয়া **যুত-যৌগিক** (Additive Compounds) উৎপাদন করে :

$$C_2H_4+H_2=C_2H_6$$

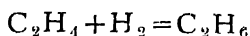
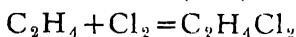
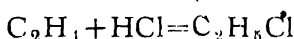
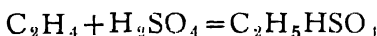
ইথেন (Ethane)

$$C_2H_4+Cl_2=C_2H_4Cl_2$$

ইথিলীন ডাই ক্লোরাইড

$$C_2H_4+HCl=C_2H_5Cl$$

ইথাইল ক্লোরাইড

$$C_2H_4+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4$$

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

ইথিলীন ডাই ক্লোরাইড একটি তৈলাক্ত তরল পদার্থ সেইজন্য ইথিলীনের অন্য নাম ওলিফায়েণ্ট গ্যাস (Olefient—oilforming)।

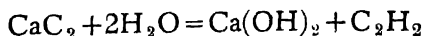
ব্যাবহারিক প্রয়োগ : কাঁচা ফল কৃত্রিম উপায়ে পাকাইবার কাজে এবং ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

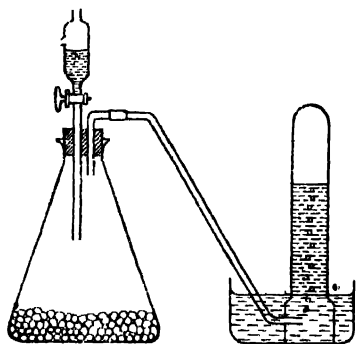
অ্যাসেটিলীন (Acetylene)

সংকেত, C_2H_2। আণবিক গুরুত্ব, 26।

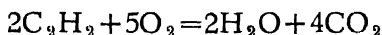
অবস্থান : কোল গ্যাসে অ্যাসেটিলীন অতি সামান্য পরিমাণে বিদ্যমান।

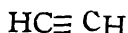
প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার পদ্ধতি : সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ক্যালসিয়ম কারবাইডের (Calcium Carbide) যে বিক্রিয়া ঘটে তাহাতে কলিচুন ও অ্যাসেটিলীন উৎপন্ন হয় :

$$CaC_2+2H_2O=Ca(OH)_2+C_2H_2$$

একটি শঙ্কুকূপীর তলদেশ বালির স্তর দ্বারা ঢাকিয়া তাহার উপর কয়েক টুকরা ক্যালসিয়ম কারবাইড রাখিতে হয়। তারপর একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত ছিপি দ্বারা কূপীর মুখ বন্ধ করিয়া দিয়া ফানেলের স্টপকক খুলিয়া কারবাইডের উপর জল ফেলিতে হয়। উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে যে C_2H_2 উৎপন্ন হয় তাহা জলভ্রংশ দ্বারা গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র—৯০)

গুণ ঃ অ্যাসেটিলীন একটি বর্ণহীন গ্যাস। বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহার একটি মিষ্ট গন্ধ আছে। কিন্তু সাধারণ অ্যাসেটিলীনে, ফসফিন, আর্সাইন, সালফারেটেড হাইড্রোজেন প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকায় ইহা দুর্গন্ধযুক্ত। শীতল জলে ইহা অনেকটা দ্রবণীয়। কিন্তু অ্যাসিটোনে ইহা আরও অধিক দ্রবণীয়। এইজন্য অধিক চাপে অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করিয়া অ্যাসেটিলীন স্থানান্তরে প্রেরিত হয়। চাপ প্রয়োগে অতি সহজেই ইহা তরল করা যায়। কিন্তু তরল অ্যাসেটিলীনে অতি সহজেই বিস্ফোরণ হয়।

চিত্র—৯

ইহা দাহক না হইলেও বাতাসে ধূম-যুক্ত শিখাসহ পুড়িয়া থাকে। কিন্তু এই গ্যাসের তুলনায় যদি বাতাসের পরিমাণ বেশী থাকে তবে ইহা উজ্জ্বল শিখাসহ পুড়িয়া থাকে। এইজন্য বাতাসে সরু নলের মুখে ইহা জ্বালাইয়া সাধারণ গ্যাসের আলো প্রস্তুত করিয়া ব্যবহার করা হয়। অক্সিজেনের আবরণে এই গ্যাস জ্বালাইয়া যে শিখা পাওয়া যায় তাহাকে **অক্সি-অ্যাসেটিলীন শিখা** বলে। এই শিখায় 3200°C এর উষ্ণতা সৃষ্ট হয় ও ইহার সাহায্যে ধাতু গলান হয় বা গলাইয়া জোড়া দেওয়া হয়। অ্যাসেটিলীন ও বাতাসের মিশ্র অগ্নিসংস্পর্শে ভীষণ বিস্ফোরণ সৃষ্টি করে।

$$2C_2H_2+5O_2=2H_2O+4CO_2$$

ইহার অণুর দুইটি কারবন-পরমাণু একটি ত্রিবন্ধ দ্বারা সংযুক্ত থাকায় ইহা ইথিলীন হইতেও অধিকতর অপরিপৃক্ত ও সক্রিয়

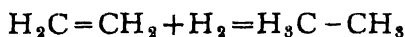
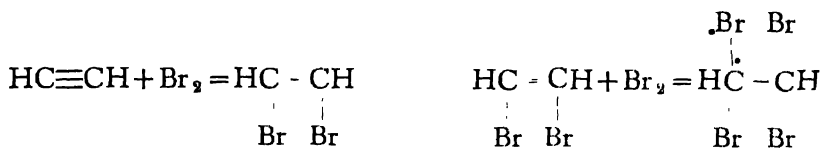
$$HC\equiv CH$$

এই কারণে H_2, হ্যালোজেন, হ্যালোজেন-অ্যাসিড, ধূমায়মান H_2SO_4 প্রভৃতির সঙ্গে দুইটি পর্যায়ে যুক্ত হইয়া ইহা যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে

$$HC\equiv CH+H_2=H_2C=CH_2$$

ইথিলীন

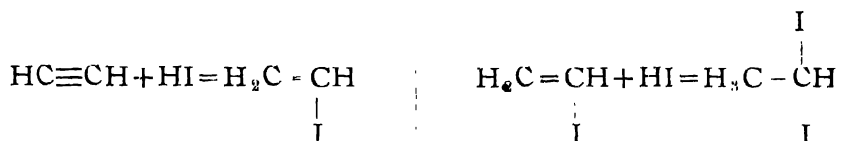
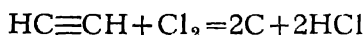
$$H_2C=CH_2+H_2=H_3C-CH_3$$

ইথেন

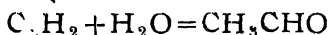
$$HC\equiv CH + Br_2 = \underset{Br}{HC} - \underset{Br}{CH} \qquad \underset{Br}{HC} - \underset{Br}{CH} + Br_2 = \overset{Br}{\underset{Br}{HC}} - \overset{Br}{\underset{Br}{CH}}$$

অ্যাসেটিলীন ডাই ব্রোমাইড অ্যাসেটিলীন টেট্রাব্রোমাইড

কিন্তু ক্লোরিণের সহিত ইহা অতি তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া ভুসা ও HCl উৎপাদন করে

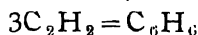
$$HC\equiv CH + Cl_2 = 2C + 2HCl$$

$$HC\equiv CH + HI = H_2C = \underset{I}{CH} \qquad H_2C = CH + HI = H_3C - \overset{I}{\underset{I}{CH}}$$

ভিনাইল আয়োডাইড (Venyl iodide) ইথিলিডীন আয়োডাইড (Ethylidene iodide)

সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত মারকিউরিক সালফেট ($HgSO_4$) যুক্ত H_2SO_4 এর ঈষদুষ্ণ লঘু জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া অ্যাসেটিলীন চালিত করিলে ইহা জলের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিট্অ্যাল্ডিহাইডে (Acetaldehyde) পরিণত হয়

$$C_2H_2 + H_2O = CH_3CHO$$

অ্যামোনিয়াযুক্ত রৌপ্য ও তাম্রের লবণের দ্রবের ভিতর দিয়া C_2H_2 চালিত করিলে যথাক্রমে সিলভার ও কপার অ্যাসেটিলাইড (Ag_2C_2 ও Cu_2C_2) অধঃক্ষিপ্ত হয়

একটি লোহিততপ্ত নলের ভিতর দিয়া এই গ্যাস চালিত করিলে ইহার তিনটি অণু একত্রে সংযুক্ত হইয়া একটি বেনজিন অণুতে পরিণত হয়

$$3C_2H_2 = C_6H_6$$

এইরূপ পরিবর্তনের নাম **বহু-সংযোগ** (Polymerisation) ও উৎপন্ন পদার্থকে **বহু-যৌগিক** (Polymer) বলে।

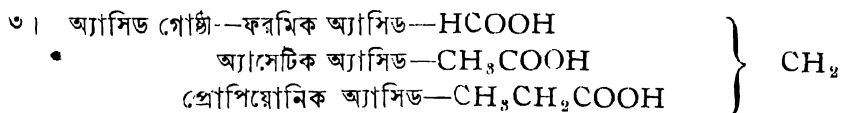
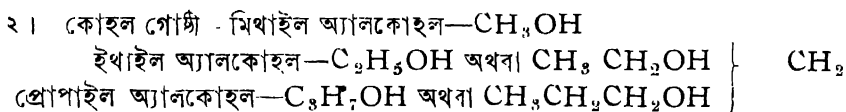
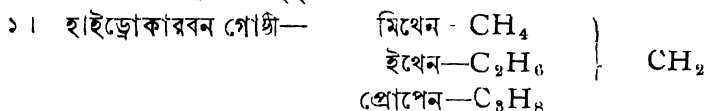
ব্যাবহারিক প্রয়োগ : অ্যাসিট্অ্যাল্ডিহাইড, কোহল এবং অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, আলোক ও অক্সি-অ্যাসেটিলীন শিখা উৎপাদনে এবং কৃত্রিম রবার ও প্ল্যাষ্টিক প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সমগণীয় পর্যায় (Homologous series) : জৈবপদার্থগুলিকে তাহাদের গঠন ও গুণানুসারে ভিন্ন ভিন্ন গোষ্ঠী (family) বা শ্রেণীতে (group) বিভক্ত

করা হইয়াছে। যেমন হাইড্রোকারবন গোষ্ঠী, কোহল গোষ্ঠী, ইথার গোষ্ঠী, অ্যালডিহাইড ও কিটোন গোষ্ঠী, অ্যাসিড গোষ্ঠী ইত্যাদি। প্রত্যেক গোষ্ঠীর যৌগগুলিকে যদি তাহাদের ক্রমবর্ধমান আণবিক গুরুত্ব অনুসারে পর পর সাজান যায় তবে দেখা যায় যে প্রত্যেক পরিবারে পার্শ্ববর্তী যৌগের অণুদের মধ্যে সর্বদাই একটি CH_2 পরমাণুপুঞ্জের ব্যবধান আছে। যেমন—

১। হাইড্রোকারবন গোষ্ঠী— মিথেন - CH_4
ইথেন—C_2H_6
প্রোপেন—C_3H_8 } CH_2

২। কোহল গোষ্ঠী - মিথাইল অ্যালকোহল—CH_3OH
ইথাইল অ্যালকোহল—C_2H_5OH অথবা CH_3 CH_2OH
প্রোপাইল অ্যালকোহল—C_3H_7OH অথবা $CH_3CH_2CH_2OH$ } CH_2

৩। অ্যাসিড গোষ্ঠী—ফরমিক অ্যাসিড—$HCOOH$
অ্যাসেটিক অ্যাসিড—CH_3COOH
প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড—CH_3CH_2COOH } CH_2

এইরূপ CH_2 পরমাণুপুঞ্জের পার্থক্য বিশিষ্ট অণু গঠিত ভিন্ন ভিন্ন সমধর্মী যৌগ সমন্বিত জৈব পদার্থের গোষ্ঠীকে **সমগোণীয় পর্যায়** (Homologous series) বলে। উপরে উল্লিখিত তিনটি গোষ্ঠীই সমগোণীয় পর্যায়ের।

হাইড্রোকারবনের হ্যালোজেন-যৌগ

পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবনের অণু হইতে একটি বা একাধিক হাইড্রোজেন-পরমাণু সমসংখ্যক হ্যালোজেন-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া অথবা অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবনের অণুর সহিত যুগ্মসংখ্যক হ্যালোজেন-পরমাণু বা হ্যালোজেন অ্যাসিড অণুর রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া যে সমস্ত যৌগ প্রস্তুত করা যায় তাহাদিগকে হাইড্রোকারবনের হ্যালোজেন-যৌগ বলে। মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসেটিলীনের গুণের আলোচনা প্রসঙ্গে এই সমস্ত যৌগ সম্বন্ধে কিছু বলা হইয়াছে। ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) কারবন টেট্রাক্লোরাইড (Cl_4), আয়োডোফর্ম (CHI_3)ও ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড ($C_2H_2Br_2$) এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

নামমালা (Nomenclature) : ইহাদের নামকরণে যে জৈবমূলকের সহিত হ্যালোজেন-পরমাণু সংযুক্ত থাকে তাহার নাম প্রথমে বলিতে হয় তারপর অজৈব যৌগের অনুকরণে নাম শেষ করিতে হয়। যেমন মিথাইলক্লোরাইড—CH_3Cl,

ইথাইল ব্রোমাইড C_2H_5Br ইত্যাদি। কিন্তু একটির অধিক হ্যালোজেন পরমাণু থাকিলে তাহার সংখ্যাও উল্লেখ করিতে হয়। যেমন ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড ($C_2H_4Br_2$)।

[মিথাইল (CH_3), ইথাইল (C_2H_5), প্রভৃতি পরমাণুপুঞ্জ অপরিবর্তিত অবস্থায় অপর পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের সহিত সংযুক্ত হইয়া নানাবিধ জৈব যৌগের অণু গঠন করিতে পারে। এইরূপ পরমাণুপুঞ্জকে **জৈবমূলক** (Organic radical) বলে। CH_3, C_2H_5 ও এইরূপ অন্যান্য মূলক সাধারণভাবে $C_nH_{2n+1}O$ সংকেত দ্বারা ব্যক্ত করা যায়। এইরূপ মূলককে অ্যালকাইল মূলক (Alkyl radical) বলে।]

অনেকক্ষেত্রে হ্যালোজেন-পরমাণুর সংখ্যা প্রথমে উল্লেখ করিয়া যে হাইড্রো-কারবনের হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপন দ্বারা ইহার গঠন সম্ভব হইয়াছে তাহার নাম পরে বলিতে হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবসায়িক নামেও ইহারা অভিহিত হয়। যেমন--

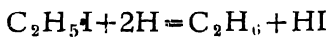
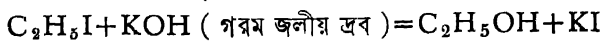
$CHCl_3$ কে ট্রাইক্লোরোমিথেন অথবা ক্লোরোফর্ম বলা হয়।

গুণ ঃ হ্যালোজেন যৌগগুলি মিষ্ট গন্ধযুক্ত। তরল অবস্থায় ইহারা জল অপেক্ষা ভারী ও তাহাতে অদ্রাব্য।

রাসায়নিক গুণ সম্পর্কে ইহারা সমধর্মী। ইহারা সাধারণতঃ অদাহ্য। কিন্তু ইহাদের অণুতে হ্যালোজেন-পরমাণু থাকায় ইহারা হাইড্রোকারবন হইতে অনেক বেশী সক্রিয়। অন্য প্রকার পরমাণু ও মূলক দ্বারা ইহাদের হ্যালোজেন-পরমাণুর প্রতিস্থাপনে নানা প্রকার জৈব পদার্থ প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন,

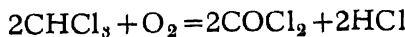
$$C_2H_5I + 2H = C_2H_6 + HI$$

ইথেন

$$C_2H_5I + KOH \text{ (গরম জলীয় দ্রব)} = C_2H_5OH + KI$$

ইথাইল অ্যালকোহল

ক্লোরোফর্ম (**Chloroform**—$CHCl_3$) : ক্লোরোফর্ম একপ্রকার মিষ্ট গন্ধযুক্ত ও ভারী তরল পদার্থ। জলে ইহা দ্রবণীয় নহে এবং জল অপেক্ষা ইহা ভারী।

ইহা দাহ্য নহে। ইহা সূর্যকিরণের প্রভাবে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত হইয়া বিষাক্ত কারবনিল ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে।

$$2CHCl_3 + O_2 = 2COCl_2 + 2HCl$$

ব্যাবহারিক প্রয়োগ ঃ চেতনানাশক (Anaesthetic) ও পচননিবারক (Preservative) হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। তৈল, চর্বি, রজন (Resin)

প্রভৃতির দ্রাবক হিসাবেও শিল্পে ইহার ব্যবহার আছে। স্পিরিট ক্লোরোফর্ম নামে ইহার কোহলীয় (Alcoholic) দ্রব ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

আয়োডোফর্ম (Iodoform—CHI_3): আয়োডোফর্ম একপ্রকার বিশেষ তীব্র গন্ধযুক্ত ঈষৎ পীত বর্ণের কেলাসিত কঠিন পদার্থ। জলে ইহা দ্রবণীয় নহে।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: বীজবারক (Antiseptic) রূপে ইহা সচরাচর ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। হাইড্রোকারবন বলিতে কি বুঝায়? কি ভাবে তাহাদের শ্রেণীবিন্যাস করা হইয়াছে? যুত-যৌগিক ও প্রতিস্থাপিত-যৌগিক সম্বন্ধে যাহা জান উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

২। ইথেন প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান প্রধান গুণসমূহ বিবৃত কর।

৩। পরীক্ষাগারে কিভাবে ইথিলীন প্রস্তুত করা হয়? ইহার গুণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৪। অ্যাসেটিলীন কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যায়? ইহার প্রধান প্রধান গুণ কি কি? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

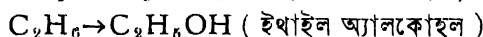
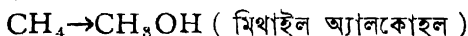
৫। নিম্নলিখিত পদ ও দ্রব্য সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও:—(১) সমগণীয় পর্যায়, (২) জৈবমূলক, (৩) হাইড্রোকারবনের হ্যালোজেন-যৌগ, (৪) ক্লোরোফর্ম ও (৫) আয়োডোফর্ম।

ত্রয়স্ত্রিংশ অধ্যায়

কোহল (Alcohol)

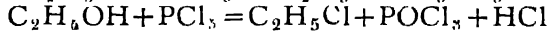
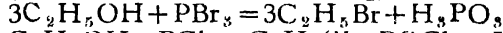
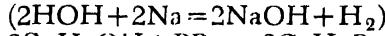
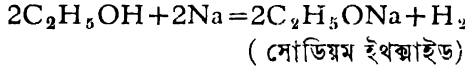
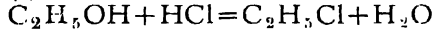
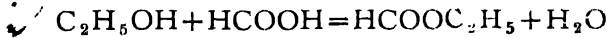
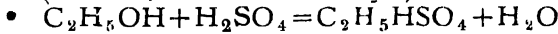
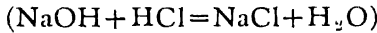
হাইড্রোকারবন-অণুর এক বা একাধিক হাইড্রোজেন-পরমাণুকে হাইড্রক্সিল্মূলক, OH দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে **কোহল বা অ্যালকোহল** (Alcohol) বলে। যেমন,

$CH_4 \rightarrow CH_3OH$ (মিথাইল অ্যালকোহল)

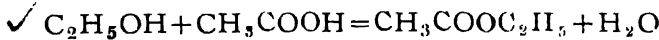
$C_2H_6 \rightarrow C_2H_5OH$ (ইথাইল অ্যালকোহল)

সুতরাং ইহাদের সংকেত হইতে বলা যাইতে পারে যে ইহাদের অণুতে মাত্র একটি হাইড্রক্সিল মূলক একটি অ্যালকাইল মূলকের সহিত সংযুক্ত থাকে। সুতরাং ইহারা অ্যালকাইল মূলকের হাইড্রক্সাইড ও ইহাদিগকে এক-হাইড্রক্সি কোহল বলা হয়। ইহাদের সাধারণ আণবিক সংকেত $C_nH_{2n+1}OH$ দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

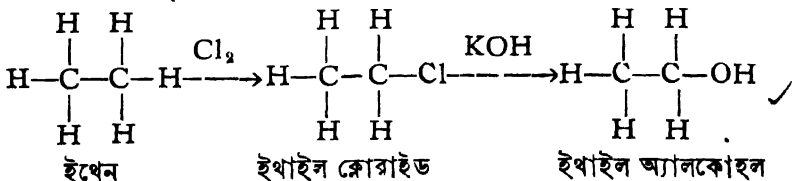
কোহলের সংযুক্তি-সংকেত (Structural formula) : কোন কোন বিক্রিয়ায় ইহারা জলের ন্যায় ব্যবহার করিয়া থাকে। যেমন ইহারা Na, PBr_3 ও PCl_5 এর সহিত বিক্রিয়া করে।

$$2C_2H_5OH+2Na=2C_2H_5ONa+H_2$$
(সোডিয়ম ইথক্সাইড)

$$(2HOH+2Na=2NaOH+H_2)$$
$$3C_2H_5OH+PBr_3=3C_2H_5Br+H_3PO_3$$
$$C_2H_5OH+PCl_5=C_2H_5Cl+POCl_3+HCl$$

এই সমস্ত বিক্রিয়া দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, কোহল অণুতে OHমূলক বিদ্যমান। আবার NaOH এর ন্যায় কোহল অজৈব ও জৈব অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জল ও এসটার (Ester) নামক এক শ্রেণীর জৈব যৌগ উৎপাদন করে, যদিও জলীয় দ্রবে ইহা NaOH এর ন্যায় আয়নিত হয় না। যেমন,

$$C_2H_5OH+HCl=C_2H_5Cl+H_2O$$
ইথাইল ক্লোরাইড

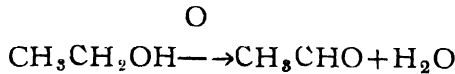
$$(NaOH+HCl=NaCl+H_2O)$$
$$C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4+H_2O$$
$$C_2H_5OH+HCOOH=HCOOC_2H_5+H_2O$$
ফরমিক্ অ্যাসিড (Formic acid) জৈব অ্যাসিড — ইথাইল ফরমেট (Ethyl formate)

$$C_2H_5OH+CH_3COOH=CH_3COOC_2H_5+H_2O$$
অ্যাসেটিক অ্যাসিড (Acetic acid) জৈব অ্যাসিড — ইথাইল অ্যাসিটেট (Ethyl acetate)

আবার ইথেন-অণুর একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু ক্লোরিন-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া ইথাইল ক্লোরাইড এবং ইথাইল ক্লোরাইডের সহিত KOH এর উত্তপ্ত জলীয় দ্রবের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন করা যায়। নিম্নে এই সমস্ত বিক্রিয়া সংক্ষেপে দেখান হইল।

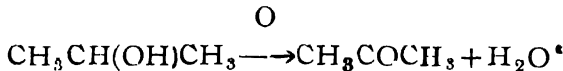
```
  H   H               H   H                 H   H
  |   |      Cl2      |   |        KOH      |   |
H—C—C—H ——————→ H—C—C—Cl ——————→ H—C—C—OH
  |   |               |   |                 |   |
  H   H               H   H                 H   H
  ইথেন           ইথাইল ক্লোরাইড        ইথাইল অ্যালকোহল
```

এই সমস্ত বিক্রিয়াতে প্রমাণ পাওয়া যায় যে, ইহার অণু অ্যালকাইল ও OH এর সংযোগে গঠিত।

কোহল জাতীয় যৌগগুলিকে প্রধানতঃ তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। যথা—(১) প্রাইমারী (Primary), (২) সেকেণ্ডারী (Secondary) ও (৩) টারসিয়ারী (Tertiary)।

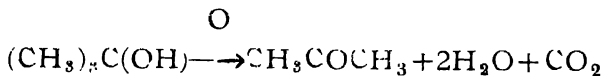
(১) প্রাইমারী কোহলে $-CH_2OH$ মূলক থাকে। ইহারা জারিত হইলে **অ্যালডিহাইড** (Aldehyde) নামক এক শ্রেণীর জৈব যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{O} CH_3CHO + H_2O$$

ইথাইল অ্যালকোহল অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড

(২) সেকেণ্ডারী কোহলে—$\dot{C}HOH$ মূলক থাকে। ইহারা জারিত হইলে কিটোন (Ketone) নামক এক শ্রেণীর জৈব যৌগ উৎপন্ন হয়। এ ক্ষেত্রে অ্যালকোহল-অণুর ও কিটোন-অণর কারবন-পরমাণুর সংখ্যা সমান।

$$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{O} CH_3COCH_3 + H_2O$$

সেকেণ্ডারী বা আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল (Secondary or Isopropyl alcohol) ডাইমিথাইল কিটোন (অ্যাসিটোন) (Dimethyl Ketone) (Acetone)

(৩) টারসিয়ারী কোহলে $-C(OH)$ মূলক থাকে। ইহারা জারিত হইলে কোহল-অণুর কারবন-পরমাণুর সংখ্যা হইতে কম সংখ্যক কারবন-পরমাণুযুক্ত কিটোন-অণু উৎপন্ন হয়ঃ

$$(CH_3)_3C(OH) \xrightarrow{O} CH_3COCH_3 + 2H_2O + CO_2$$

টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল (Tertiary butyl alcohol)

মিথাইল অ্যালকোহল (Methyl alcohol)

মিথাইল অ্যালকোহল, CH_3OH **: প্রস্তুতি :** ৩০৩ পৃষ্ঠায় উক্ত হইয়াছে যে কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা পাইরোলিগনিয়স অ্যাসিড (Pyroligneous acid) নামক একপ্রকার তীব্র আম্লিক, জলীয় পাতিত দ্রব্য পাওয়া যায় ও উহাতে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন, আসেটিক অ্যাসিড, সামান্য পরিমাণে মিথাইল

অ্যাসিটেট ও জল থাকে। পাইরোলিগনিয়স অ্যাসিড ফুটাইলে যে বাষ্প উত্থিত হয় তাহা উত্তপ্ত চুনগোলার ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বাষ্প কলিচুনের দ্বারা শমিত হইয়া ক্যালসিয়ম অ্যাসিটেটের (calcium acetate) আকারে চুনগোলার মধ্যে থাকিয়া যায় এবং মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন ও জলের বাষ্প গরম চুনগোলা হইতে নিঃসৃত হয়। তখন ঐ বাষ্প জলপ্রবাহে শিতলীকৃত ও গ্রাহকযুক্ত একটি শীতকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে উহা ঘনীভূত হইয়া গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। আংশিক পাতন-স্তম্ভ (Fractionating column) সমন্বিত পাতন যন্ত্রে, গ্রাহকে সঞ্চিত তরল দ্রব্যের আংশিক পাতন দ্বারা মিথাইল অ্যালকোহল অ্যাসিটোন ও জল হইতে পৃথক করা হয়। কিন্তু এইভাবে প্রস্তুত মিথাইল অ্যালকোহলে সামান্য পরিমাণে অ্যাসিটোন থাকে।

ইথাইল অ্যালকোহল (Ethyl Alcohol)

ইথাইল অ্যালকোহল, C_2H_5OHঃ ইথাইল অ্যালকোহল কোহল গোষ্ঠীর সর্বাপেক্ষা পুরাতন ও সর্বপ্রধান কোহল। সুতরাং শুধু কোহল শব্দের উল্লেখে ইথাইল অ্যালকোহল বুঝায়।

প্রস্তুতি : (১) গ্লুকোজ (Glucose) হইতেঃ ঈস্ট (yeast) নামক একশ্রেণীর উৎসেচকের (Enzyme) সাহায্যে জলীয় দ্রবে গ্লুকোজের সন্ধান (Fermentation) দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহল ও CO_2 উৎপাদিত হয় :

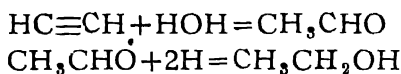
$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

উৎসেচক, ঈস্ট একশ্রেণীর এককোষী ও অতি নীচু স্তরের উদ্ভিজ্জ। গ্লুকোজ, ফ্রাক্টোজ, ইক্ষুশর্করা প্রভৃতি প্রাকৃতিক শর্করার জলীয় দ্রবের সহিত যখন ইহা মিশান হয় তখন কোষোদ্গমের (Budding) মাধ্যমে ইহার অতিদ্রুত প্রজনন (Reproduction) ঘটিয়া থাকে ও শর্করার জলীয় দ্রব দ্রুত ফেনায়িত হইবার জন্য উষ্ণতা বৃদ্ধি না হইলেও যেন ফুটিতেছে এইরূপ দেখায়। সঙ্গে সঙ্গে শর্করা অণু পূর্বোক্ত সমীকরণ অনুসারে ভাঙ্গিয়া কোহল ও কারবন ডাই-অক্সাইড অণুতে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াকে **সন্ধান** (Fermentation) বলে। পূর্বে মনে করা হইত যে ঈস্টের জীবন-পদ্ধতির সহিত ইহার উপস্থিতিতে শর্করা অণুর বিযোজনের গভীর সম্পর্ক আছে। কিন্তু পরে বিজ্ঞানী বুচনার (Buchner) দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে কোহলীয় সন্ধান ঈস্টের জীবন-পদ্ধতি দ্বারা ঘটে না। ঈস্টের দেহ-কোষে জাইমেস (Zymase) নামক উৎসেচক (Enzyme) শ্রেণীর

একপ্রকার জীবনহীন রাসায়নিক পদার্থ আছে যাহা অনুঘটক রূপে গ্লুকোজ-অণুর C_2H_5OH ও CO_2 অণুতে পরিবর্তনে সহায়তা করে।

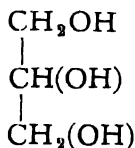
এই ভাবে সন্ধিত (Fremented) গ্লুকোজ-দ্রব হইতে কফির (Coffey's) আংশিকপাতনজনিত্রের (Fractional distillation plant) সাহায্যে আংশিক পাতন দ্বারা **শোধিত কোহল** (Rectified spirit) নামক বাণিজ্যিক কোহল পাওয়া যায়। ইহাতে 95·5% কোহল থাকে।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতি : প্রথমে অ্যাসেটিলীন হইতে অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড উৎপাদন করা হয়। তারপর অনুঘটক রূপে নিকেলের উপস্থিতিতে অ্যাসিট-অ্যালডিহাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া কোহল প্রস্তুত করা হয় :

$$HC{\equiv}CH + HOH = CH_3CHO$$
$$CH_3CHO + 2H = CH_3CH_2OH$$

নির্জল কোহল (**Absolute alcohol**) : শোধিত কোহলের সহিত বাখরিচুন (CaO) মিশাইয়া পাতিত করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহাতে 0·5% জল থাকিলেও তাহাকে **নির্জল কোহল** বলে। নির্জল কোহলের সহিত Na মিশাইয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ (100%) কোহল পাওয়া যায়।

মিথিলেটেড কোহল (**Methylated spirit**) : পানীয়রূপে ব্যবহারের অযোগ্য করিবার জন্য শোধিত কোহলের সহিত মিথাইল অ্যালকোহল অথবা মিথাইল অ্যালকোহল ও পেট্রোলিয়ম ন্যাপথা (Petroleum naphtha) মিশাইয়া যে দ্রব পাওয়া যায় তাহাকে **মিথিলেটেড কোহল** বলে। ইহা জ্বালানি রূপে, বার্নিশ, রঞ্জক ও অন্যান্য নানাপ্রকার রাসায়নিক দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

গ্লিসারল বা গ্লিসারিণ (**Glycerol or Glycerine**), $C_3H_5(OH)_3$: ইহা একটি ত্রি-হাইড্রিক (trihydric) কোহল। ইহার সংযুতি-সংকেত :

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CH(OH) \\ | \\ CH_2(OH) \end{array}$$

উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ তৈল ও চর্বি, ইহার সহিত ভারী আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন মেদজ অ্যাসিডের (Fattyacid) বিক্রিয়া প্রসূত এস্টার (Ester) জাতীয় দ্রব্য।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ : ডিনামাইটের উপাদান নাইট্রোগ্লিসারিন নামক বিস্ফোরক উৎপাদনে, প্রাসাধন ও ঔষধ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। কোন্ শ্রেণীর জৈব যৌগকে কোহল বলে? কি করিয়া প্রমাণ করা যায় যে এই শ্রেণীর যৌগের অণুতে OH মূলক আছে?

২। কোহলগুলির উপর অজৈব ও জৈব অ্যাসিড, PCl_5 ও Na কিভাবে বিক্রিয়া করে? এই সমস্ত বিকারকের ক্রিয়ায় কোহলের সংযুতি-সংকেত সম্বন্ধে কি জানা যায়?

৩। মিথাইল অ্যাল্‌কোহল কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

৪। গ্লুকোজ হইতে কি প্রকারে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়?

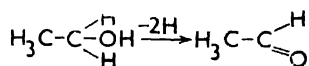
৫। নিম্নোক্ত পদ ও দ্রব্যগুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ :—

(১) উৎসেচক, (২) কোহলীয় সন্ধান, (৩) মিথিলেটেড কোহল ও (৪) গ্লিসারল।

চতুস্ত্রিংশ অধ্যায়

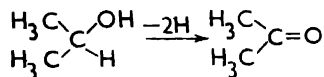
অ্যালডিহাইড (Aldehyde) ও কিটোন (Ketone)

সংযুতি-সংকেত ঃ পূর্ববর্তী অধ্যায়ে বলা হইয়াছে যে প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী কোহলের জারণে যথাক্রমে অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপন্ন হয়। প্রাইমারী কোহলের $-CH_2OH$ মূলক জারিত হইবার সময় উহার দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু হারাইয়া $-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O$ মূলকে পরিণত হয়। এই মূলক অ্যালডিহাইডমূলক নামে অভিহিত ও ইহা প্রত্যেকটি অ্যালডিহাইড অণুতে বিদ্যমান :

$$H_3C-C(H)(H)-OH \xrightarrow{-2H} H_3C-C(H)=O$$

অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড
(Acetaldehyde)

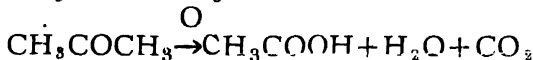
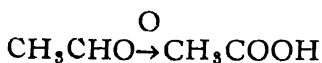
অ্যালডিহাইড পদটি অ্যাল (কোহল) ডিহাইড [al (cohol) dehyd] এর সংক্ষেপ। ইহার অর্থ হাইড্রোজেন বিচ্যুত কোহল।

সেকেণ্ডারী কোহল জারিত হইবার সময় তাহার $-CH(OH)$ মূলক দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু হারাইয়া $>C=O$ মূলকে পরিণত হয়। ইহাকে কিটোন মূলক বলা হয় এবং ইহা সমস্ত কিটোন অণুতে বর্তমান।

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix}\!\!>\!C\!<\!\begin{matrix} OH \\ H \end{matrix} \xrightarrow{-2H} \begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix}\!\!>\!C=O$$

আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল
(Isopropyl alcohol)

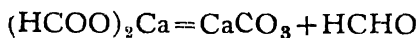
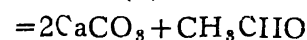
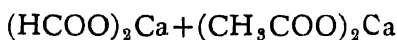
সুতরাং অ্যালডিহাইড ও কিটোন অণুতে $>C=O$ থাকিবেই। কিন্তু ফরম্যালডিহাইড ভিন্ন অন্যান্য অ্যালডিহাইড অণুর এই কারবন পরমাণুটির অপর দুইটি যোজ্যতার একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু দ্বারা ও অপরটি একটি অ্যাকাইল মূলক দ্বারা পরিতৃপ্ত হয় এবং ফরম্যালডিহাইড অণুর এই কারবন-পরমাণুটির দুইটি যোজ্যতাই দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু দ্বারা পরিতৃপ্ত $\left(\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\!>C=O\right)$। অপরপক্ষে কিটোন অণুর এই কারবন পরমাণুটির অন্য দুইটি যোজ্যতাই একই অ্যালকাইল মূলক অথবা ভিন্ন অ্যাকাইল মূলক দ্বারা পরিতৃপ্ত $\rightarrow \begin{matrix} R \\ R \end{matrix}\!>C=O$ অথবা $\begin{matrix} R' \\ R \end{matrix}\!>C=O$। অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের জারণ দ্বারা মেদজ অ্যাসিড (Fatty acid) জাতীয় জৈব অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$CH_3CHO \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{O} CH_3COOH + H_2O + CO_2$$

কিন্তু উৎপন্ন মেদজ অ্যাসিডের প্রত্যক্ষ বিজারণে সংশ্লিষ্ট অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপাদিত হয় না। পরোক্ষভাবে মেদজ অ্যাসিডের লবণ হইতে অ্যালডিহাইড ও কিটোন প্রস্তুত করিতে পারা যায়। ফরমিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়ম লবণ অথবা এই লবণের সহিত অন্য মেদজ অ্যাসিডের ক্যালসিয়ম লবণের মিশ্র উত্তপ্ত করিলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় :

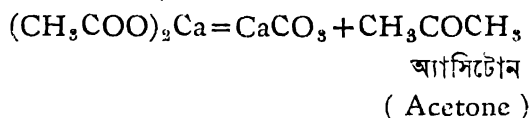
$$(HCOO)_2Ca = CaCO_3 + HCHO$$

ক্যালসিয়ম ফরমেট — ফরম্যালডিহাইড

$$(HCOO)_2Ca + (CH_3COO)_2Ca = 2CaCO_3 + CH_3CHO$$

ক্যালসিয়ম অ্যাসিটেট — অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড

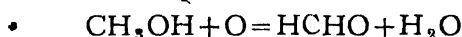
কিন্তু ক্যালসিয়ম ফরমেট ভিন্ন অন্য মেদজ অ্যাসিডের ক্যালসিয়ম লবণ উত্তপ্ত করিলে কিটোন উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3COO)_2Ca = CaCO_3 + CH_3COCH_3$$

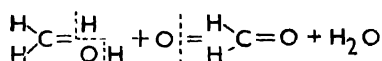
অ্যাসিটোন
(Acetone)

অ্যালডিহাইড (Aldehyde)

ফরম্যালডিহাইড (Formaldehyde) HCHO

প্রস্তুতি ঃ 600°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত তাম্র অথবা প্ল্যাটিনমের সর্পিলাকৃতির (spiralshaped) তারের অথবা তার জালির উপর দিয়া মিথাইল অ্যালকোহল ও বাতাসের মিশ্র প্রবাহিত করিয়া বাষ্পাকারে ফরম্যালডিহাইড উৎপাদন করা হয়; উৎপন্ন বাষ্প তারপর জলে দ্রবীভূত করা হয়।

$$CH_3OH + O = HCHO + H_2O$$

ইহার 40% জলীয় দ্রব **ফরম্যালীন** (Formalin) নামে বাজারে বিক্রীত হয়।

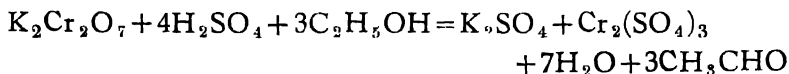
সংকেত ঃ মিথাইল অ্যালকোহলের জারণে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হইবার সময় মিথাইল অ্যালকোহলের দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপসারিত হয় ঃ

$$\begin{matrix}H \\ H\end{matrix}\!\!>C=\begin{matrix}H \\ OH\end{matrix} + O = \begin{matrix}H \\ H\end{matrix}\!\!>C=O + H_2O$$

সুতরাং $\begin{matrix}H \\ H\end{matrix}\!\!>C=O$, ইহার সংযুক্তি-সংকেত এবং ইহা HCHO রূপে সাধারণতঃ লিখিত হয়।

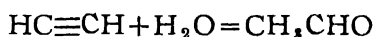
ব্যাবহারিক প্রয়োগ ঃ বীজবারক (Antiseptic) ও বীজনাশক (Disinfectant) হিসাবে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এই কারণে মৃত জীবদেহ ও দেহাংশ ইহাতে ডুবাইয়া পরীক্ষাগারে দীর্ঘকাল রাখা হয়। চর্ম ও রঞ্জক শিল্পে ইহার ব্যবহার আছে। বেকেলাইট (Bakelite), ডিউরেজ (Durez), ক্যাটালীন (Catalin) প্রভৃতি প্ল্যাসটীক (Plastic) শিল্পে বর্তমানে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড (Acetaldehyde) CH_3CHO

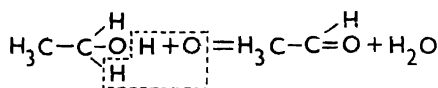
প্রস্তুতি ঃ পটাসিয়ম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ও লঘু H_2SO_4 এর উত্তপ্ত জলীয় দ্রবে ইথাইল অ্যালকোহল জারিত করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3C_2H_5OH=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3CH_3CHO$$

একটি পাতনকূপীতে উপরি-উক্ত দ্রব্যগুলির মিশ্র লইয়া ফুটাইলে CH_3CHO সামান্য পরিমাণে C_2H_5OH ও জলের সহিত পাতনজাত দ্রব্য রূপে গ্রাহকে সঞ্চিত হয়।

সামান্য পরিমাণ মারমিউরিক সালফেটযুক্ত H_2SO_4 এর গরম জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া অ্যাসেটিলীন (C_2H_2) গ্যাস পরিচালিত করিয়া আজকাল প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হইতেছে। এক্ষেত্রে C_2H_2 ও জলের মধ্যে বিক্রিয়া হইয়া থাকে।

$$HC{\equiv}CH+H_2O=CH_3CHO$$

সংকেত ঃ ইথাইল অ্যালকোহলের জারণে অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। এই জারণ ক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলের অণু হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত হইবার পর একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু জল উৎপাদন করে।

$$H_3C-C(H)(H)-O-H+O=H_3C-C(H)=O+H_2O$$

অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড

সুতরাং $\begin{matrix}H\\ \\ H_3C\end{matrix}\!>C=O$, ইহার সংযুক্তি-সংকেত এবং ইহা CH_3CHO রূপে সাধারণতঃ লিখা হয়।

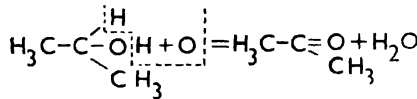
ব্যাবহারিক প্রয়োগ ঃ ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ও রঞ্জকশিল্পে ইহা আজকাল প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

কিটোন (Ketone)

অ্যাসিটোন (Acetone)

প্রস্তুতি ঃ কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা উৎপন্ন পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডের একটি উপাদান অ্যাসিটোন। এই অ্যাসিড হইতে যে পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয় (পূর্ববর্তী অধ্যায়ে ইহা আলোচিত হইয়াছে) সেই পদ্ধতিই অ্যাসিটোন উৎপাদনে অবলম্বন করা হয়। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে গরম চুনগোলার সাহায্যে অ্যাসেটিক অ্যাসিড অপসারিত করিয়া যাহা অবশিষ্ট থাকে তাহার আংশিক পাতন দ্বারা মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন পৃথক ভাবে পাতিত দ্রব্য রূপে পাওয়া যায়।

সংকেত ঃ আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলের জারণে উহার অণু হইতে দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপসারিত হইয়া অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয় :

$$H_3C-C(H)(CH_3)-OH + O = H_3C-C(CH_3)=O + H_2O$$

অ্যাসিটোন

সুতরাং $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix}\!\!>C=O$ ইহার সংযুতি-সংকেত ও ইহা সাধারণতঃ CH_3COCH_3 রূপে লিখা হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ ঃ ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম প্রস্তুতিতে, নাইট্রো-সেলিউলোজের (Nitrocellulose) দ্রাবকরূপে ও বহুপ্রকার প্রয়োজনীয় জৈব পদার্থের সংশ্লেষণের প্রাবম্ভিক দ্রব্যরূপে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। অ্যাসেটিলীন সঞ্চিত রাখিবার জন্য তাহার দ্রাবকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্নমালা

১। অ্যালডিহাইড ও কিটোন বলিতে কোন্ কোন্ শ্রেণীর দ্রব্য বুঝায়? কিভাবে ইহাদের সংযুতি-সংকেত জানা যায়?

২। কিভাবে ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়? ফরম্যালীন কাহাকে বলে? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। অ্যাসিট অ্যালডিহাইড কিভাবে প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা হয়? ইহার সংযুতি-সংকেত কি? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

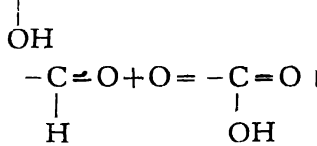
৪। কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতন-জাত দ্রব্য হইতে কি ভাবে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয়? ইহার সংযুতি-সংকেত কি? ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

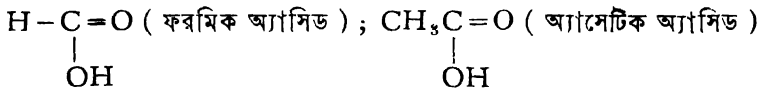
পঞ্চত্রিংশ অধ্যায়

জৈব অ্যাসিড (Organic acid) ও এসটার (Ester)

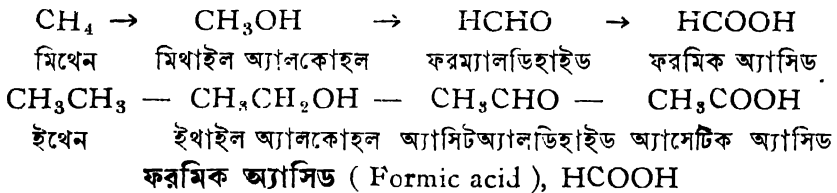
জৈব অ্যাসিড (Organic acid)

সংযুতি সংকেতঃ অ্যালডিহাইড-এর জারণে জৈব অ্যাসিড প্রস্তুত হয়। অ্যালডিহাইড জারিত হইবার সময় তাহার অ্যালডিহাইড-মূলক $-CHO$ একটি অক্সিজেন পরমাণু লইয়া $-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O$ মূলকে রূপান্তরিত হয়ঃ

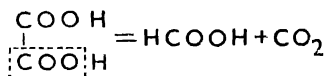
$$-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}=O+O=-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O$$ ।

এই মূলকের নাম কারবক্সিল (Carboxyl) মূলক। সুতরাং এই মূলক জৈব অ্যাসিডের অণুতে বিদ্যমান। এই মূলক হাইড্রোজেন-পরমাণু (ফরমিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে) অথবা অ্যালকাইলমূলক (অন্য অ্যাসিডের ক্ষেত্রে) এর সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিড-অণু সৃষ্টি করে। যেমন—

$H-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O$ (ফরমিক অ্যাসিড) ; $CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O$ (অ্যাসেটিক অ্যাসিড)

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে হাইড্রোকারবন হইতে আরম্ভ করিলে প্রথমে কোহল, তারপর অ্যালডিহাইড ও তারপর অ্যাসিড পাওয়া যায়।

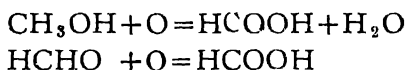
CH_4 →	CH_3OH →	$HCHO$ →	$HCOOH$
মিথেন	মিথাইল অ্যালকোহল	ফরম্যালডিহাইড	ফরমিক অ্যাসিড
CH_3CH_3 —	CH_3CH_2OH —	CH_3CHO —	CH_3COOH
ইথেন	ইথাইল অ্যালকোহল	অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড	অ্যাসেটিক অ্যাসিড

ফরমিক অ্যাসিড (Formic acid), HCOOH

প্রস্তুতিঃ পরীক্ষাগার পদ্ধতিঃ শীতক ও গ্রাহকযুক্ত একটি পাতন কূপীতে (চিত্র ৬) অক্সালিক অ্যাসিডের (oxalic acid—$\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{COOH}}$) চূর্ণীকৃত কেলাসের সহিত সমপরিমাণ গ্লিসারল ফুটাইলে অক্সালিক অ্যাসিড

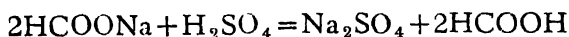
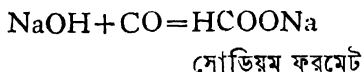
বিযোজিত হইয়া ফরমিক অ্যাসিড ও CO_2 এ পরিণত হয় ও উৎপন্ন ফরমিক অ্যাসিড জলসহ গ্রাহকে সঞ্চিত হয়।

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} = HCOOH + CO_2$$

এক্ষেত্রে গ্লিসারিন শুধুমাত্র অণুঘটকের ক্রিয়া করে।

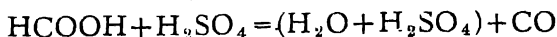
প্ল্যাটিনম-কজ্জল (Platinum black) নামক কাল রংএর সূক্ষ্ম প্ল্যাটিনম কণিকার অণুঘটকরূপে অবস্থিতিতে মিথাইল অ্যালকোহল কিংবা ফরম্যালডিহাইডের বাতাস দ্বারা জারণেও ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

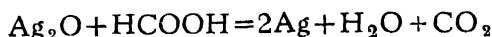
$$CH_3OH + O = HCOOH + H_2O$$
$$HCHO + O = HCOOH$$

উত্তপ্ত NaOH ($200^\circ - 210^\circ C$) এর উপর দিয়া উচ্চচাপে CO (প্রডিউসার গ্যাসরূপে) পরিচালিত করিলে উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় সোডিয়ম ফরমেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সোডিয়ম ফরমেটের সহিত H_2SO_4 এর ঠাণ্ডা জলীয়দ্রব মিশাইয়া আজকাল প্রচুর পরিমাণ ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

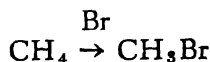
$$NaOH + CO = \underset{\text{সোডিয়ম ফরমেট}}{HCOONa}$$

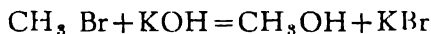
$$2HCOONa + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCOOH$$

গুণ : ফরমিক অ্যাসিড একপ্রকার তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল পদার্থ। ইহা জলে দ্রবণীয়।

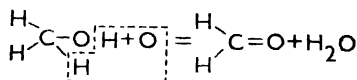
ইহা একটি তীব্র অম্ল। গাঢ় H_2SO_4 এর সহিত ফুটাইলে ইহা বিযোজিত হইয়া জল ও CO এ পরিণত হয়।

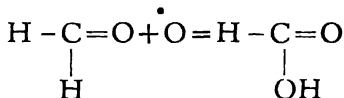
$$HCOOH + H_2SO_4 = (H_2O + H_2SO_4) + CO$$

ইহার বিজারণ ক্ষমতা আছে। অ্যামোনিয়া যুক্ত $AgNO_3$ কে ইহা বিজারিত করিয়া ধাতব রৌপ্যে পরিণত করে।

$$Ag_2O + HCOOH = 2Ag + H_2O + CO_2$$

সংযুক্তি-সংকেত : মিথেন হইতে মিথাইল ব্রোমাইড পাওয়া যায় :

$$CH_4 \xrightarrow{Br} CH_3Br$$

মিথাইল ব্রোমাইডের সহিত KOH এর গরম জলীয় দ্রবের বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়ঃ

$$CH_3Br + KOH = CH_3OH + KBr$$

উত্তপ্ত কপার-সর্পিলের সাহায্যে মিথাইল অ্যালকোহলের বাতাস দ্বারা জারণে ফরম্যালডিহাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$$H_2C(H)-O-H + O = H_2C=O + H_2O$$

প্ল্যাটিনম-কজ্জলের সাহায্যে ফরম্যালডিহাইডের বাতাস দ্বারা জারণে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়ঃ

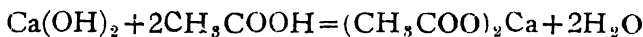
$$H-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}=O + O = H-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O$$

সুতরাং $H-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O$, ইহার সংযুতি-সংকেত। ইহা সাধারণতঃ HCOOH রূপে লিখিত হয়।

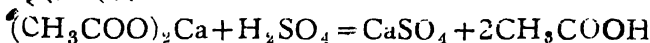
ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ বস্ত্রশিল্পে, চর্মশিল্পে কলিচুন অপসারণে, পশম ও তুলার রঞ্জনশিল্পে, রবার প্রস্তুতিতে ও বীজবারকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

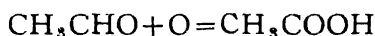
অ্যাসেটিক অ্যাসিড (Acetic acid) CH_3COOH

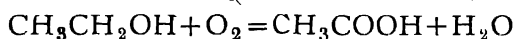
কিছু ইথাইল অ্যালকোহল ও এসটার মিশ্রিত ইহার লঘু জলীয়দ্রব **সর্কা** (vinegar) নামে বহুকাল ধরিয়া মানবসমাজে পরিচিত।

প্রস্তুতিঃ (১) কাষ্ঠ হইতেঃ অ্যাসেটিক অ্যাসিড কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতনজাত পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডের একটি উপাদান। গরম চুনগোলার ভিতর দিয়া পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালিত করিয়া কলিচুন দ্বারা অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া ক্যালসিয়ম অ্যাসিটেট (Calcium acetate) উৎপাদন করা হয়।

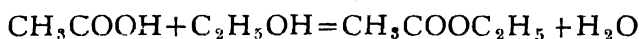
$$Ca(OH)_2 + 2CH_3COOH = (CH_3COO)_2Ca + 2H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত এই ভাবে প্রাপ্ত ক্যালসিয়ম অ্যাসিটেট মিশাইয়া পাতিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের 40% জলীয়দ্রব পাতিতদ্রব্যরূপে গ্রাহকে সংগৃহীত হয়।

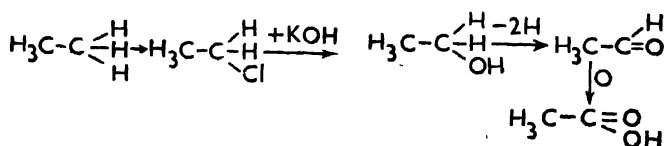
$$(CH_3COO)_2Ca + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2CH_3COOH$$

(২) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি** (**Synthetic method**) ঃ অ্যাসেটিলীন প্রথমে অ্যাসিট অ্যালডিহাইডে পরিবর্তিত করা হয় (৩২২ পৃষ্ঠা)। তারপর অ্যালডিহাইডের বাষ্প বাতাসের সহিত মিশাইয়া অণুঘটকরূপে ক্রিয়াশীল ঈষদুষ্ণ ম্যাঙ্গানিস ডাই-অক্সাইড (MnO_2) অথবা দানাদার স্ফটিকের (Quartz) উপর দিয়া পরিচালিত করিলে উহা জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3CHO+O=CH_3COOH$$

সির্কা পদ্ধতি (**Vinegar process**): অণুঘটকরূপে ক্রিয়াশীল **মাইকোডারমা অ্যাসেটি** (**Mycoderma aceti**) নামক এক শ্রেণীর জীবাণুজাতীয় খমিরের (Ferment) উপস্থিতিতে, নীচু শ্রেণীর মধ্যে সামান্য পরিমাণে অবস্থিত ইথাইল অ্যালকোহল বাতাসের সাহায্যে সঙ্কিত করিয়া সামান্য পরিমাণে কোহল ও এসটার যুক্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু জলীয়দ্রব প্রস্তুত করা হয়:

$$CH_3CH_2OH+O_2=CH_3COOH+H_2O$$

গুণ: অ্যাসেটিক অ্যাসিড সির্কার বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত একপ্রকার বর্ণহীন ও উদ্বায়ী তরল পদার্থ। ইহা জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।

ইহা অম্লজাতীয়। গাঢ় H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে ইহা কোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এসটার নামক এক শ্রেণীর জৈব যৌগ উৎপাদন করে।

$$CH_3COOH+C_2H_5OH=\underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5}+H_2O$$

সংযুতি-সংকেতঃ ইথেন হইতে ইথাইল ক্লোরাইড, ইথাইল ক্লোরাইডের সহিত KOH-এর গরম জলীয়দ্রবের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যালকোহলের জারণে অ্যাসিটঅ্যালডিহাইড ও অ্যাসিটঅ্যালডিহাইডের জারণে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই সমস্ত বিক্রিয়া সংক্ষেপে নিম্নে দেখান হইল:

$$H_3C-C\begin{smallmatrix}H\\H\\H\end{smallmatrix} \rightarrow H_3C-C\begin{smallmatrix}H\\H\\Cl\end{smallmatrix} \xrightarrow{+KOH} H_3C-C\begin{smallmatrix}H\\H\\OH\end{smallmatrix} \xrightarrow{-2H} H_3C-C\begin{smallmatrix}H\\=O\end{smallmatrix} \xrightarrow{O} H_3C-C\begin{smallmatrix}=O\\OH\end{smallmatrix}$$

ইহার সংযুতি-সংকেত সাধারণতঃ CH_3COOH রূপে লিখিত হয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ সীসশ্বেত ও অ্যাসিটোন প্রস্তুতিতে এবং বহু জৈব পদার্থের দ্রাবকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়ম অ্যাসিটেট রং-বন্ধ

(Mordant) হিসাবে ও ক্ষারকীয় কপার কারবনেট রঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম রেশম শিল্পে সেলিউলোস অ্যাসিটেট ব্যবহৃত হয়। সির্কা রন্ধন কার্যে ব্যবহৃত হয়।

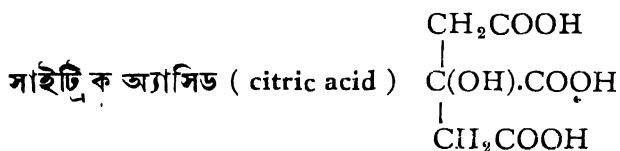
অক্স্যালিক অ্যাসিড (Oxalic acid) COOH. COOH

ইহার অণুতে দুইটি কারবক্সিল মূলক থাকায় ইহাকে দ্বি-কারবক্সিলিক অ্যাসিড বলে ও সেই জন্য ইহা একটি দ্বিক্ষারী অ্যাসিড। ইহার অ্যাসিড পটাসিয়ম লবণ টক পালং ও আমরুল শাকে (Sorrel) বীটের পাতায় (Beet leaves) ও হরীতকীতে পাওয়া যায়। ইহার ক্যালসিয়ম লবণ উদ্ভিদের দেহ-কোষে ও চূনাপাথরের গাত্রজাত শৈবালে বর্তমান। প্রস্রাবেও ইহার লবণের অস্তিত্ব দেখিতে পাওয়া যায়।

সোডিয়ম ফরমেট 400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়ম অক্স্যালেট পাওয়া যায়। তাহার সহিত H_2SO_4-এর লঘুজলীয়দ্রবের বিক্রিয়া করাইয়া অক্স্যালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

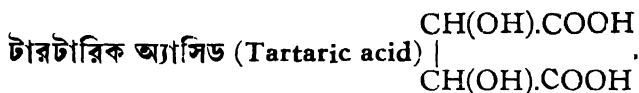
পরীক্ষাগারে আয়তন বিশ্লেষণে বিকারকরূপে, রঞ্জন শিল্পে, রং-বন্ধ হিসাবে ও চর্ম পরিষ্কার করণে অক্স্যালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। ধাতু দ্রব্যের পালিশ প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে। ইহার লবণ অক্স্যালেট এবং কালি প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়। সরেলের লবণ নামে পরিচিত পটাশিয়ম কোয়াড্রো অক্স্যালেট ($KHC_2O_4,H_2C_2O_4,2H_2O$) কাপড় হইতে কালির ও লোহার দাগ অপসারণে ব্যবহৃত হয়।

সাইট্রিক অ্যাসিড (citric acid)

$$\begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ C(OH).COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array}$$

সাইট্রিক অ্যাসিড একটি ত্রি-কারবক্সিলিক অ্যাসিড ও ত্রিক্ষারী। আনারস, টম্যাটো, পাতিলেবু, কাগজিলেবু, বাতাবিলেবু, কমলালেবু প্রভৃতি সমস্ত লেবুজাতীয় ফলের রসে সাইট্রিক অ্যাসিড বর্তমান। ইহার লবণ বীট, গোলআলু প্রভৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায়।

লেবুর রস হইতে এবং ইক্ষু শর্করা ও গ্লুকোজের জলীয়দ্রবের সাইট্রিক-সন্ধান (citric fermentation) দ্বারা সাইট্রিক অ্যাসিড পণ্য হিসাবে তৈয়ারি করা হয়।

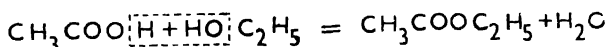
সাইট্রিক অ্যাসিড, লেমোনেড প্রস্তুতিতে, রং-বন্ধ হিসাবে ও নানাপ্রকার ঔষধ প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। নীল কাগজ (Blue print) তৈয়ারির কাজেও ইহার লবণের প্রয়োগ আছে।

টারটারিক অ্যাসিড (**Tartaric acid**) $\begin{array}{l} CH(OH).COOH \\ | \\ CH(OH).COOH \end{array}$.

ইহা একটি দ্বি-কারবক্সিলিক অ্যাসিড ও দ্বিক্ষারী। কুল, তেঁতুল ও আঙ্গুরে টারটারিক অ্যাসিড অযুক্ত অবস্থায় অথবা লবণরূপে বিদ্যমান।

টারটারিক অ্যাসিক সরবত ও সস্তা মদ তৈয়ারিতে দরকার হয়। সোডিয়ম পটাসিয়ম টারট্রেট (রোসেল লবণ—Rochele salt) জোলাপ, আয়না ও গ্লুকোজের পরিচায়ক পরীক্ষায় ব্যবহৃত ফেলিংস দ্রব (Fehling's solution) প্রস্তুতিতে দরকার হয়।

এসটার (Ester)

কোহল এবং জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে জলসহ যে এক শ্রেণীর জৈব যৌগ উৎপন্ন হয়, তাহাদিগকে এস্টার বলে। যেমন

$$CH_3COO\boxed{H + HO}C_2H_5 = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

ইথাইল অ্যাসিটেট

অর্থাৎ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু অ্যালকাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে এস্টার উৎপন্ন হয়।

কোহল ও অ্যাসিডের মধ্যে এই বিক্রিয়া উভয়মুখী (Reversible); অর্থাৎ এস্টার উৎপন্ন হইবা মাত্র জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় কোহল ও অনুরূপ অ্যাসিড উৎপাদন করে। এস্টার ও জলের মধ্যে এই বিক্রিয়াকে **এসটারের আর্দ্র-বিশ্লেষ** (Hydrolysis of ester) বলে।

সেইজন্য অনার্দ্র $ZnCl_2$, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, HCl, গাঢ় H_2SO_4 প্রভৃতি নিরুদকের উপস্থিতিতে কোহল ও অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া এস্টার তৈয়ারি করা হয়।

ইথাইল অ্যাসিটেট (Ethyl acetate) $CH_3COOC_2H_5$:—সমপরিমাণ, ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মিশ্রের সহিত কিছু গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া পাতন কূপীতে ফুটাইলে ইথাইল অ্যাসিটেট পাতন দ্রব্যরূপে গ্রাহকে সংগৃহীত হয়।

সুগন্ধি সমূহ (**Essences**): ইহারা সাধারণতঃ অনেকগুলি এস্টারের মিশ্র। পূর্বে ইহারা প্রাকৃতিক ফুল ও ফল হইতে আহরিত হইত। কিন্তু বর্তমানে রাসায়নিক পদার্থ হইতে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে ইহাদের অনেককে প্রস্তুত করা হইতেছে। ইহাদিগকে দুইভাগে ভাগ করা যায়ঃ

(১) **ফলজ সুগন্ধি** :—

(ক) **ইথাইল অ্যাসিটেট :** আপেলে (Apple) এবং শর্করার সন্ধানে উৎপন্ন ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ায় ইহা সৃষ্ট হয়।

(খ) **অ্যামাইল অ্যাসিটেট** পাকা কলায় বর্তমান।

(গ) **ইথাইল বিউটিরেট** পাকা আনারসে দেখিতে পাওয়া যায়।

(২) **প্রসাধন-সুগন্ধি** (Perfumes) : মূল্যবান প্রসাধন সুগন্ধি সমূহ শত শত বিভিন্ন এস্টারের নিপুন মিশ্রণে উৎপাদিত করা হয়।

উদ্ভিজ্জ ও জান্তব তৈল ও চর্বি (Oils and fats) : ইহারা গ্লিসারিণ ও ভারী আণবিক গুরুত্বযুক্ত মেদাম্লের (Fatty acid) বিক্রিয়া জাত প্রাকৃতিক দ্রব্য। সুতরাং ইহারাও এসটার জাতীয়।

গ্লিসারাইড ইহাদের রাসায়নিক নাম। ইহাদের মধ্যে যাহারা সাধারণ উষ্ণতায় তরল অবস্থায় থাকে অর্থাৎ যাহাদের গলনাঙ্ক 20°C-এর নীচে তাহাদিগকে **তৈল** বলে। যেমন সরিষা তৈল, তিলতৈল ইত্যাদি। কিন্তু যাহারা সাধারণ উষ্ণতায় তরল অবস্থায় না থাকিয়া কঠিন অবস্থায় (নরম ও তৈলাক্ত) থাকে অর্থাৎ যাহাদের গলনাঙ্ক 20°C-এর উপরে তাহাদিগকে **চর্বি** বলে। যেমন, ট্যালো (Tallow), লার্ড প্রভৃতি পশু চর্বি, মাখন, মাছের তেল ইত্যাদি।

আজকাল উপযোগী অণুঘটকের সাহায্যে উদ্ভিজ্জ তৈলের সহিত হাইড্রোজেনের সংযোগ ঘটাইয়া কৃত্রিম চর্বি উদ্ভিজ্জ ঘি প্রচুর পরিমাণে তৈয়ারি করা হইতেছে।

উদ্ভিজ্জ তৈল ও চর্বি জাতীয় দ্রব্য জলে অদ্রাব্য কিন্তু বেনজিন, অ্যাসিটোন, ইথার প্রভৃতি জৈব তরল দ্রব্যে দ্রবণীয়।

ক্ষারের জলীয়দ্রবের সহিত ফুটাইলে ইহাদের সহিত ক্ষারের সহজেই বিক্রিয়া ঘটিয়া গ্লিসারল ও অনুরূপ মেদজ অ্যাসিডের লবণ উৎপন্ন হয়। এইরূপে উৎপন্ন মেদজ অ্যাসিডের লবণ সাবান নামে পরিচিত।

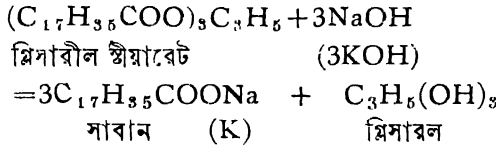
তৈল + NaOH = মেদজ অ্যাসিডের সোডিয়ম লবণ + গ্লিসারল
(সাবান)

এই শ্রেণীর বিক্রিয়াকে **সাবান-ভবন** (Saponification) বলে। ইহাও এক প্রকার আর্দ্র বিশ্লেষ।

সাবান (Soap) : ভারী আণবিক গুরুত্বযুক্ত মেদজ অ্যাসিডের ধাতব লবণই সাবান নামে অভিহিত। কিন্তু এই শ্রেণীর সোডিয়ম ও পটাসিয়ম লবণকেই আমরা কার্যত: সাবান বলিয়া থাকি। সোডিয়ম-সাবান শক্ত ; ইহা কাপড় ও পোষাকাদির প্রক্ষালন কার্যে ব্যবহৃত হয়। পটাসিয়ম-সাবান নরম ; ইহা দেহ পরিষ্কারের কার্যে প্রসাধন দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

ক্ষার জল (Lye) ও তৈল (নারিকেলতৈল, তুলাবীজতৈল ইত্যাদি) অথবা চর্বি একত্র (স্টীমের সাহায্যে) উত্তপ্ত করিয়া পণ্যরূপে সাবান তৈয়ারি করা হয়। তৈল অথবা চর্বিরূপী গ্লিসারাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া গ্লিসারিন ও মেদজ অ্যাসিডে পরিণত হয় ও উৎপন্ন অ্যাসিড ক্ষারের দ্বারা প্রশমিত হইয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে। এই যুক্ত প্রক্রিয়ার নামই সাবান-ভবন। নিম্নে একটি সমীকরণ দ্বারা এই যুক্ত বিক্রিয়া দেখান হইল :

$$(C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5 + 3NaOH$$
গ্লিসারীল স্টীয়ারেট (3KOH)

$$= 3C_{17}H_{35}COONa + C_3H_5(OH)_3$$
সাবান (K) গ্লিসারল

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইলে খাদ্য লবণ যোগে গ্লিসারল ও জল পাত্রের নীচের অংশে অধঃপাতিত করা হয় ও সাবান জমান দধির আকারে উপরের স্তরে ভাসাইয়া তোলা হয়। পাত্রের তলদেশ হইতে জল ও গ্লিসারল অপসারিত করিয়া উৎপন্ন সাবান শোধন করিতে হয় ও তারপর যন্ত্র সাহায্যে আলোড়ন করিয়া অকর্কশ (smooth) করিতে হয়। পরে, রং, সুগন্ধি ও সোডিয়ম সিলিকেটের ন্যায় পূরক দ্রব্য মিশাইয়া ছাচের মধ্যে চাপের সাহায্যে বিভিন্ন আকৃতির সাবান খণ্ড তৈয়ারি করা হয়। সাবান শিল্পে, গ্লিসারল উপজাত দ্রব্য রূপে উৎপন্ন হয়।

প্রশ্নমালা

১। কোন্ শ্রেণীর জৈব যৌগকে অ্যাসিড বলে? ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বিবৃত কর। ইহার সংযুতি সংকেত কি?

২। ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার গুণ ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। কাঠ হইতে কি প্রকারে অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা তাহা সংক্ষেপে বিবৃত কর। ইহার সংযুতি সংকেত কিভাবে নির্ণয় করিবে?

৪। অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুতির একটি পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

৫। কোন শ্রেণীর যৌগকে এস্‌টার বলে? কিভাবে ইহা প্রস্তুত করা যায়? সাবান-ভবনের সংজ্ঞা কি?

৬। নিম্নোক্ত দ্রব্যগুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ :—

(ক) সুগন্ধি, (খ) উদ্ভিজ্জ তৈল ও (গ) চর্বি।

৭। সাবান কাহাকে বলে? কি ভাবে পণ্য হিসাবে সাবান প্রস্তুত করা হয়?

ষটত্রিংশ অধ্যায়

সেলিউলোজ (Cellulose), শ্বেতসার (Starch), গ্লুকোজ (Glucose) ও ইক্ষু-শর্করা (Cane Sugar or Sucrose)

সেলিউলোজ (Cellulose) $(C_6H_{10}O_5)y$: সেলিউলোজ কারবোহাইড্রেট (Carbohydrate) জাতীয় এক প্রকার অনিয়তাকার প্রাকৃতিক জৈব পদার্থ। ইহার দ্বারা উদ্ভিদের দেহকোষের দেওয়াল গঠিত। ইহা তুলা, পাট, শণ প্রভৃতির প্রধান উপাদান। লিগনিন (Lignins) ও রজন (Resins) সহযোগে ইহা কাষ্ঠে বিদ্যমান।

কাষ্ঠের সহিত ক্যালসিয়ম বাইসালফাইটের জলীয় দ্রবের ক্রিয়ায় লিগনিন ও রজন দ্রবীভূত করিয়া, নরম মণ্ডাকারে সেলিউলোজ প্রস্তুত করা হয়। ইহাই **কাষ্ঠ-মণ্ড** (Wood pulp) নামে পরিচিত। ন্যাকড়া, বাঁশ ও খড় হইতেও এইরূপে মণ্ড তৈয়ারি করা হয়। এই মণ্ড কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

সেলিউলোজের ব্যাবহারিক প্রয়োগ : নিম্নে সেলিউলোজের কতকগুলি শিল্পে ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা করা হইতেছে :

(১) **কাগজ প্রস্তুতি :** সেলিউলোজ-মণ্ড জলে ভালভাবে ধুইয়া ও চালুনির সাহায্যে চালিয়া লইয়া (screened) তাহাকে ক্লোরিণ অথবা হাইপোক্লোরাইট দ্বারা বিরঞ্জিত করিবার পর কাঠের পিপায় পিটিয়া লইতে হয়। পরে রজন, ফটকিরি প্রভৃতি প্রয়োজনীয় অনুপাতে মিশাইতে হয়। এই প্রক্রিয়াকে **সাইজিং** (Sizing) বলে। ইহাতে কাগজ কালিতে সিক্ত হয় না। ইহার পর চূর্ণীকৃত জিপসম বা অন্য উপযোগী সাদা দ্রব্য দ্বারা ইহাকে ভারী (loaded) করা হয়। পরে যন্ত্র সাহায্যে পাতলা চাদরের আকারে কাগজ নির্মিত হয়। দুগ্ধজাত কেসিন (Casein) দ্বারা ইহার উপরি ভাগ মসৃণ করা হইয়া থাকে।

(২) **তুলা :** তুলা প্রায় বিশুদ্ধ সেলিউলোজ। ইহা হইতে সুতা, নানাপ্রকার পোষাক পরিচ্ছদ ও শয্যাদ্রব্য প্রস্তুত করা হয়। তুলা ভিন্ন সভ্যতার উন্মেষ হইত না।

তুলাজাত সুতা NaOH-এর জলীয় দ্রবের ক্রিয়ায় রেশমের ন্যায় চাকচিক্যশালী হয়। এই প্রক্রিয়াকে **মারসারিজেসন** (Mercerization) বলে ও এই প্রক্রিয়াজাত দ্রব্যকে **মারসিরাইজড্** (Mercerized) তুলার দ্রব্য বলে।

(৩) **কৃত্রিম রেশম, রেয়ন (Rayon) প্রস্তুতি :** স্প্রস্ (spruce) কিংবা বিশুদ্ধতর তুলাতন্তু হইতে প্রস্তুত মণ্ড সালফাইট দ্রব দ্বারা ধৌত করিবার পর NaOH-এর দ্রবের দ্বারা ধৌত করা হয়। তারপর তাহাকে চাপের সাহায্যে চাদরের আকার করা হয়। পরে তাহাকে খণ্ড খণ্ড করিয়া যন্ত্র সাহায্যে ছিঁড়িয়া কারবন ডাই-সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া একটা নির্দিষ্ট সময়ের জন্য রাখিয়া দিতে হয়। ইহাতে কমলা রং-এর সেলিউলোজ জ্যানথেট (Cellulose Xanthate) নামক একপ্রকার দ্রব্য উৎপন্ন হয়। ইহা NaOH-এর লঘু জলীয় দ্রবে গুলিলে একপ্রকার সিরাপের ন্যায় তরল দ্রব্য উৎপন্ন হয়। এই তরল দ্রব্য বহু সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত প্ল্যাটিনম ও স্বর্ণের সংকর ধাতু অথবা প্ল্যাষ্টিক নির্মিত যন্ত্রের সাহায্যে, $NaHSO_4$ অথবা H_2SO_4-এর মৃদু আম্লিক জলীয় দ্রবে অতি সরু ধারায় নিক্ষিপ্ত হইলে রেয়নের সরু সুতা উৎপন্ন হয়। ইহা ধৌত করিয়া বিরঞ্জিত করিবার পর নানারূপ চিত্তাকর্ষক রংএ রঞ্জিত করা হয়।

সেলিউলোজ অ্যাসিটেটও অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করিয়া সূক্ষ্ম ধারায় উষ্ণ বাতাসে নিক্ষেপ করিয়া সূক্ষ্ম সূত্রাকারে রেয়ন উৎপাদন করা হয়।

(৪) **সেলিউলোজ-এস্টারসমূহ (Cellulose esters) :** সহজভাবে বলা যাইতে পারে যে সেলিউলোজ একপ্রকার হাইড্রক্সী-যৌগ ও ইহার অণুতে তিনটি হাইড্রক্সিল, OH মূলক আছে। সুতরাং ইহা কোহলের ন্যায় অজৈব ও জৈব অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এস্টার জাতীয় দ্রব্য উৎপাদন করিতে পারে। ইহাদের মধ্যে সেলিউলোজ নাইট্রেট ও অ্যাসিটেটের নানাপ্রকার শিল্পে ব্যবহারই সমধিক।

(ক) **সেলিউলোজ নাইট্রেট (Cellulose nitrate) :** গাঢ় H_2SO_4 এর নিরুদকরূপে অবস্থিতিতে গাঢ় HNO_3-এর বিক্রিয়ায় সেলিউলোজের OH মূলকগুলি সম্পূর্ণরূপে অথবা আংশিকভাবে NO_3 মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যখন OH মূলকগুলি সম্পূর্ণরূপে NO_3 মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তখন সেলিউলোজ ত্রি-নাইট্রেট (Cellulose trinitrate) উৎপাদিত হয়। ইহারই ব্যবসায়িক নাম **গান-কটন** (Gun cotton) ইহা টরপেডো (torpedo), মাইন (Mine) ও ধূমাহীন বারুদ প্রভৃতি বিস্ফোরক উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

কিন্তু সেলিউলোজের তিনটি OH মূলকের মধ্যে একটি কিংবা দুইটির NO_3 মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপনে যে দ্রব্য উৎপাদিত হয় কঠিন অবস্থায় তাহার নাম পাইরক্সিলীন (Pyroxylin)। গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে তুলার সহিত অপেক্ষাকৃত গাঢ় HNO_3-এর বিক্রিয়ায় ইহা উৎপাদন করা হয়। ইহা হইতে

কলোডিয়ন (Collodion) ও **সেলিউলয়েড** (Celluloid) নামক শিল্পে ব্যবহৃত দ্রব্য দুইটি প্রস্তুত করা হয়। পাইরক্সিলীন ইথাইল অ্যালকোহল ও ইথারের মিশ্রে দ্রবীভূত করিয়া কালোডিয়ন তৈয়ারি করা হয়। ইহা ল্যাকার (Lacquer) নামক তরল বার্ণিশ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু আজকাল পাইরক্সিলীন প্রথমে মৃদুক্ষারীয় দ্রবের সহিত ক্রিয়া করাইয়া পরে তাহা বিউটাইল অ্যালকোহল অথবা বিউটাইল অ্যাসিটেটে দ্রবীভূত করিয়া ও তাহাতে নানারূপ রং মিশাইয়া তরল বার্ণিশরূপে ব্যবহার করা হইতেছে। ইহার দ্বারা মোটরগাড়ী, রেডিও (Radio), পিয়ানো (Piano) আফিসের ইস্পাত নির্মিত আসবাবপত্র প্রভৃতি রং করা হয়।

পাইরক্সিলীন, কোহল ও কর্পূর সহযোগে সেলিউলয়েড প্রস্তুত করা হয়। ইহা প্রথম উৎপন্ন প্ল্যাষ্টিক জাতীয় পদার্থগুলির মধ্যে অন্যতম। ইহা হইতে ছুরির বাঁট পিয়ানোর চাবি, চিরুনি চুড়ি, পুতুল প্রভৃতি প্রস্তুত করা হয়।

(খ) **সেলিউলোজ অ্যাসিটেট** **(Cellulose acetate):** গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে তুলার তন্তুরূপ বিশুদ্ধতর সেলিউলোজের সহিত অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সেলিউলোজ অ্যাসিটেট উৎপাদন করা হয়। এই বিক্রিয়ায় সিরাপের ন্যায় দ্রব্য উৎপন্ন হয়; উহাতে জল ঢালিলে এস্টার সাদা বস্তুরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ইহা অ্যাসিটোনে দ্রবণীয় এবং এই দ্রব বার্ণিশ, ল্যাকার, রেয়ন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে আলোক চিত্রের ও সিনেমার ফিল্ম (film) প্রস্তুত করা হয়।

শেষ মন্তব্য ঃ সেলিউলোজ হইতে গ্লুকোজ উৎপাদন করিয়া তাহা হইতে প্রচুর পরিমাণে এনজিনে ব্যবহারযোগ্য ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করার যথেষ্ট সম্ভাবনা রহিয়াছে।

শ্বেতসার (Starch) $(C_6H_{10}O_5)n$

রক্ষিত খাদ্যদ্রব্য হিসাবে শ্বেতসার সাদা দানার আকারে প্রায় সমস্ত উদ্ভিদের মধ্যেই সঞ্চিত থাকিতে দেখা যায় এবং উদ্ভিদ হইতেই প্রাণীগণ খাদ্যের উপাদান-স্বরূপ ইহা গ্রহণ করিয়া থাকে। আমাদের খাদ্যদ্রব্যের মধ্যে শ্বেতসারই সর্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার শতকরা হারসহ পরপৃষ্ঠায় কয়েকটি খাদ্যদ্রব্যের নাম দেওয়া হইল ঃ

খাদ্যদ্রব্যের নাম	শ্বেতসারের শতকরা হার
চাউল	80%
গম	65%
ভুট্টা	65%
গোলআলু	20%
বার্লি	80%

শ্বেতসার ছোট ছোট দানায় গঠিত। কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন বস্তু হইতে আহরিত শ্বেতসারের দানার আকৃতি ভিন্ন।

প্রস্তুতি: উপরি-উক্ত দ্রব্যগুলি যন্ত্রের সাহায্যে চূর্ণ ও ধৌত করিয়া উৎপন্ন গুঁড়া জলে অবলম্বিত (sunpended) করা হয়। তারপর উপযোগী ছাঁকনার সাহায্যে ছাঁকিয়া লইলে অদ্রাব্য অপদ্রব্যগুলি ছাঁকনায় আবদ্ধ হইয়া পড়িয়া থাকে ও শ্বেতসার জলসহ উহার ভিতর দিয়া চলিয়া যায়। ইহার পর উহাকে বারবার ধৌত করিয়া শুকাইয়া লইলে উহা গুঁড়ার আকারে পাওয়া যায়।

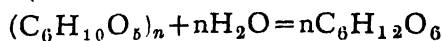
গুণ: শ্বেতসার একপ্রকার অনিয়তাকার শ্বেতবর্ণের পদার্থ। ইহা ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য। কিন্তু গরম জলে ইহার দানা ফাটিয়া যায়। তখন ইহার কোলয়েডীয় দ্রব পাওয়া যায়। কোলয়েডীয় শ্বেতসার আয়োডিনের সংস্পর্শে নীলবর্ণ ধারণ করে যাহা উত্তপ্ত করিলে বর্ণহীন হয় কিন্তু ঠাণ্ডা করিলে পুনরায় নীলবর্ণ ধারণ করে। ইহাই শ্বেতসার ও আয়োডিনের একমাত্র অতি সূক্ষ্ম বা সুবেদী (sensitive) পরিচায়ক পরীক্ষা।

ব্যাবহারিক প্রয়োগ: শ্বেতসার, খাদ্যরূপে, পোষাক-পরিচ্ছদাদির ধৌত কার্যে মাড়রূপে, কাই বা লেই প্রস্তুতিতে, কাগজের জল শোষণ নিবারণের কাজে (Sizing) এবং ডেক্স্‌ট্রিন (Dextrin), গ্লুকোজ, ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

গ্লুকোজ (Glucose) $C_6H_{12}O_6$

গ্লুকোজ অনেক প্রকার ফলে বিশেষতঃ আঙ্গুরে (দ্রাক্ষায়) বর্তমান। সেইজন্য ইহার অপর নাম দ্রাক্ষা-শর্করা (Grape sugar)। ফল-শর্করার (Fructose) সহিত একসঙ্গে ইহা মিষ্টস্বাদ যুক্ত নানাপ্রকার ফলে ও মধুতে বিদ্যমান।

প্রস্তুতি: H_2SO_4 অথবা HCl-এর জলীয় দ্রবের সহিত শ্বেতসার উচ্চ চাপে ফুটাইয়া গ্লুকোজ পণ্য হিসাবে প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়া শ্বেতসারের আর্দ্র বিশ্লেষ এবং ইহাতে অ্যাসিড অনুঘটকের কাজ করে:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_6H_{12}O_6$$

বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘটিলে অ্যাসিড শমিত করিবার পর বাষ্পীভবন দ্বারা দ্রব গাঢ় করিয়া গ্লুকোজ কেলাসিত করা হয়। অ্যাসিডের সাহায্যে ইক্ষু শর্করা আর্দ্র বিশ্লেষ করিয়াও গ্লুকোজ পণ্যরূপে প্রস্তুত করা হয়। ইহা এক প্রকার কেলাসাকার পদার্থ ও জলে দ্রবণীয়।

ব্যাবহারিক প্রয়োগঃ নানা প্রকার মিষ্টান্ন, ফলের আচার (Fruit-preserve), জ্যাম্, জেলি ও মদ্য প্রস্তুতিতে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। রোগীর খাদ্য হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

ইক্ষু-শর্করা (Cane sugar or Sucrose), $C_{12}H_{22}O_{11}$, **চিনি:** চিনি বলিতে আমরা সাধারণতঃ ইক্ষু-শর্করা বুঝিয়া থাকি। ইহা আখ (Sugar cane), বীট (Beet), আনারস প্রভৃতি ফলে ও মধুতে বর্তমান। আক ও বীট্ হইতেই ইহা পণ্য হিসাবে প্রস্তুত করা করা হয়।

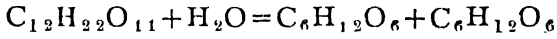
(১) **আখ হইতে চিনি-উৎপাদন পদ্ধতিঃ** দুইটি বিপরীত দিকে ঘূর্ণায়মান গরম ধাতু দণ্ডের ভিতরে আখ নিস্পেষিত করিয়া তাহা হইতে রস বাহির করা হয়। এইভাবে নিষ্কাশিত আখের রস সামান্য পরিমাণ চুনগোলার সহিত উত্তপ্ত করিলে রসের অনেক অপদ্রব্য গাদরূপে পৃথক হইয়া পড়ে। গাদ ছাঁকিয়া অপসারিত করিয়া রসের মধ্যে CO_2 পরিচালিত করা হয়। ইহাতে অতিরিক্ত $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রাবণ দ্বারা $CaCO_3$ হইতে রস পৃথক করিয়া তাহা অণুপ্রেষপাতন ক্রিয়ায় (Vacuum distillation) গাঢ় করা হয়। এই গাঢ় রস ঠাণ্ডা করিলে বাদামী রংএর শর্করার কেলাসসমূহ নীচে পড়িয়া যায়। চোষণ পাম্পের সাহায্যে ঝোলাগুড় নামে পরিচিত তরলাবশেষ চিনির কেলাস হইতে সরাইয়া লওয়া হয়। এইভাবে প্রাপ্ত বাদামী রংএর চিনির কেলাস জলে দ্রবীভূত করিয়া প্রাণিজ অঙ্গারের স্তরের ভিতর দিয়া চোয়াইয়া বিশুদ্ধ করা হয়। বিশুদ্ধ চিনির দ্রব অণুপ্রেষ পাতন দ্বারা পুনরায় কেলাসিত করা হয়।

ঝোলাগুড় হইতেও কেন্দ্রাতিগ যন্ত্রের (Centrifugal machine) সাহায্যে ও স্ট্রনসিয়ম হাইড্রক্সাইডের ($Sr(OH)_2$) প্রয়োগে আরও চিনি কেলাসিত করা হয়।

বীট হইতে চিনি উৎপাদনঃ বীট প্রথমে পরিষ্কার করিয়া জলে ধুইয়া পাতলা পাতলা ফালি করিয়া কাটা হয়। এই সমস্ত ফালি ভিন্ন ভিন্ন চৌবাচ্চায় গরম জলের প্রবাহে রাখা হয়। তাহাতে চিনি, ফালি হইতে নিষ্কাশিত হইয়া জলে দ্রবীভূত হয় ও ফালির অদ্রাব্য বস্তুগুলি মণ্ডাকারে পড়িয়া থাকে।

তখন চিনির দ্রব ছাঁকিয়া মণ্ড হইতে পৃথক করা হয়। তারপর যে উপায়ে আকের রস হইতে চিনি উৎপাদন করা হয় সেই উপায়েই, এইভাবে বীটের ফালি হইতে প্রাপ্ত চিনির দ্রব হইতেও কেলাসিত চিনি প্রস্তুত করা হয়।

গুণ: চিনি একপ্রকার মিষ্ট স্বাদযুক্ত কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রবণীয় এবং ফুটন্ত জলীয় দ্রবে, H_2SO_4 ও HCl-এর অনুঘটকরূপে উপস্থিতিতে সহজেই ইহা অদ্র্রবিশ্লেষিত হইয়া সমআণবিক অনুপাতে গ্লুকোজ ও ফল-শর্করায় পরিণত হয়।

$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=C_6H_{12}O_6+C_6H_{12}O_6$$

গ্লুকোজ ফল-শর্করা

ইহা একটি শক্তি উৎপাদক খাদ্য এবং খাদ্যে মিষ্ট ও রসনা তৃপ্তিকর স্বাদ আনে। এইজন্য আমরা নানা প্রকার খাদ্যের সহিত বিশেষতঃ মিষ্টান্নের সহিত প্রচুর পরিমাণে ইহা খাইয়া থাকি। সরবত, সিরাপ, চা, কোকো, কফি প্রভৃতি পানীয় প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। মিছরি, ফলের আচার, জ্যাম, জেলি প্রভৃতি তৃপ্তিকর খাদ্যদ্রব্য প্রস্তুতিতেও ইহার প্রয়োগ আছে। ক্যারামেল (Caramel) নামক মিষ্ট গন্ধদায়ক ও মৃদু রং উৎপাদক দ্রব্য ও স্বচ্ছ সাবান প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্নমালা

১। সেলিউলোজ কাহাকে বলে ও প্রকৃতিতে ইহা কিভাবে অবস্থান করিয়া থাকে? শিল্পে ইহার প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। কৃত্রিম রেশম প্রস্তুতি সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। সেলিউলয়েড ও সেলিউলোজ অ্যাসিটেটের ব্যাবহারিক প্রয়োগ কি কি?

৪। শ্বেতসার দ্রব্যটি কি? ইহা আমাদের কোন্ কোন্ প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়? কোন্ কোন্ দ্রব্যে ইহা প্রধানতঃ বর্তমান?

৫। গ্লুকোজ ও ইক্ষু শর্করা সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

সপ্তত্রিংশ অধ্যায়

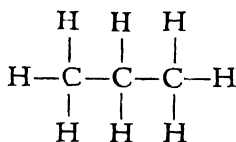
বৃত্তাকার বা যুক্তসারবন্দী যৌগসমূহ

(Ring or closed chain compounds)

কারবনের একটি বিশেষ গুণ আছে যাহা অন্য কোন মৌলের নাই। অনেকগুলি আংটা যেমন পর পর গ্রথিত হইয়া শিকল সৃষ্টি করে সেইরূপ একাধিক কারবন-পরমাণু পর পর যুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন জৈব যৌগের অণু সৃষ্টি করে।

বর্তমানে অজৈব যৌগের সংখ্যা ত্রিশ হাজারের অধিক নহে। কিন্তু কারবন-পরমাণুগণের পরস্পরের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা থাকায় দশ লক্ষেরও অধিক সংখ্যক জৈব যৌগের উৎপাদন সম্ভব হইয়াছে।

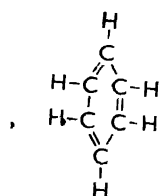
এইভাবে সারিবন্দী কারবন-পরমাণুসমূহের দ্বারা গঠিত অণুযুক্ত জৈব যৌগকে **সারবন্দী যৌগ** (Chain compound) বলে। সারবন্দী যৌগের অণুর প্রান্তস্থিত কারবন-পরমাণু দুইটি যদি একটি খোলা শিকলের অন্তের দুইটির আংটার ন্যায় **পরস্পর যুক্ত না থাকে** তবে তাহাকে **মুক্ত সারবন্দী যৌগ** (Open chain compound) বলে। যেমন,

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & H & \\ & & | & & | & & | & \\ H & — & C & — & C & — & C & — & H \\ & & | & & | & & | & \\ & & H & & H & & H & \end{array}$$

প্রোপেন

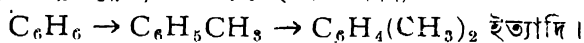
মুক্তসারবন্দী যৌগসমূহ অ্যালিফ্যাটিক পর্যায়ের (Aliphatic series) অন্তর্গত। অ্যালিফ্যাটিক শব্দটি গ্রীক শব্দ অ্যালিফার (Aleiphar) হইতে উৎপন্ন যাহার অর্থ চর্বি (Fat)। কিন্তু চর্বি জাতীয় দ্রব্য বাদেও অপর অনেক শ্রেণীর পদার্থ এই পর্যায়ে আছে।

কিন্তু একটি শিকলের অন্তস্থিত দুইটি আংটা একত্র গ্রথিত করিলে যেরূপ হয় সেইরূপ যদি সারবন্দী যৌগের অণুর প্রান্তস্থিত দুইটি কারবন-পরমাণু **পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকে** তবে তাহাকে **বৃত্তাকার বা যুক্তসারবন্দী যৌগ** (Ring or closed chain compound) বলে। বৃত্তাকার যৌগগুলি **সুগন্ধি পর্যায়ের** (Aromatic series) অন্তর্গত।

যদিও এই পর্যায়ে এমন অনেক যৌগ আছে যাহারা গন্ধহীন অথবা দুর্গন্ধ যুক্ত তবুও এই পর্যায়কে সুগন্ধি পর্যায় বলা হয় কারণ এই পর্যায়ের প্রথমদিকে উৎপাদিত অনেকগুলি যৌগের ভাল গন্ধ ছিল। বেনজিন (Benzene), C_6H_6 এই পর্যায়ের আদি যৌগ। ইহার সংযুতি-সংকেত নীচে দেখান হইল ঃ

H
|
C
// \
H–C   C–H
| ||
H–C   C–H
\\ /
C
|
H

কিন্তু অনেক সময়ে শুধু ⬡ এই ষড়ভুজ দ্বারা বেনজিনের সংযুতি-সংকেত ব্যক্ত করা হয়।

বেনজিন অণুর একটি বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুর অ্যালকাইল মূলক (C_nH_{2n+1}) দ্বারা প্রতিস্থাপনে যে সমস্ত হাইড্রোকারবন সৃষ্ট হয় তাহারা বেনজিনের সমগোষ্ঠী (Homologues))। বেনজিন ও ইহার সমগণীয় যৌগদের আণবিক সংকেত C_nH_{2n-6} দ্বারা ব্যক্ত হয়। যেমন,

$$C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_4(CH_3)_2$$ ইত্যাদি।

বেনজিন টোলুইন (Toluene) জাইলিন (Xylene)

এই সমস্ত সুগন্ধি হাইড্রোকারবনের বৃত্তাকার অংশের প্রতিটি কারবন-পরমাণু তাহার পার্শ্ববর্তী মাত্র একটি কারবন-পরমাণুর সহিত দ্বি-বন্ধ দ্বারা সংযুক্ত। কিন্তু দ্বিবন্ধ যুক্ত কারবন-পরমাণু ইহাদের অণুতে থাকায় ইহারা অপরিপৃক্ত হইলেও ইহারা অ্যালিফ্যাটিক পর্যায়ের অপরিপৃক্ত হাইড্রোকারবনের ন্যায় অস্থায়ী নহে। ইহাদের অণু সহজেই ভাঙ্গিয়া পড়ে না। অ্যালিফ্যাটিক পর্যায়ের পরিপৃক্ত হাইড্রোকারবন হইতে শুধু প্রতিস্থাপিত-যৌগ উৎপাদিত হইতে পারে কিন্তু যুত-যৌগ উৎপাদিত হয় না। কিন্তু উপযোগী অবস্থায় সুগন্ধি হাইড্রোকারবন হইতে যুত ও প্রতিস্থাপিত এই উভয় প্রকার যৌগই উৎপাদন করা সম্ভব। যেমন, বেনজিন হেক্সা-হাইড্রাইড, C_6H_{12} (Benzene hexahydride), বেনজিন হেক্সা-ক্লোরাইড $C_6H_6Cl_6$ (Benzene hexa chloride)। ইহারা বেনজিনের যুত-যৌগিক। অপরপক্ষে এক-ক্লোরোবেনজিন, C_6H_5Cl (Monochloro benzene) ও এক-ব্রোমো বেনজিন, C_6H_5Br (Monobromo benzene), বেনজিনের প্রতিস্থাপিত যৌগ।

সুগন্ধি পর্যায়ের যৌগগুলিতে কারবনের শতকরা হার সমকারবন-পরমাণুযুক্ত অনুরূপ অ্যালিফ্যাটিক যৌগের কারবনের শতকরা হার হইতে অধিক। যেমন,

বেনজিনে (C_6H_6) কারবনের শতকরা হার 92·3 কিন্তু অনুরূপ অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকারবন হেক্সেনে (Hexane) কারবনের শতকরা হার 83·7।

আলকাতরার আংশিক পাতনজাত দ্রব্যসমূহ (Products of Fractional distillation of Coal tar) : জতুগর্ভ পাথুরে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন হইতে উৎপন্ন আলকাতরা 200—300 শত বৃত্তাকার যৌগের একটি জটিল মিশ্র। ইহাতে অবলম্বিত কারবন-কণিকার অবস্থিতির জন্য ইহার রং কাল।

ইটের গাঁথুনিতে আবদ্ধ পেটা লোহা নির্মিত বৃহৎ পাতন যন্ত্রে আলকাতরা পাতিত করিলে ভিন্ন ভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন বৃত্তাকার যৌগের ভিন্ন ভিন্ন মিশ্র বাষ্পাকারে উত্থিত হয়। ইহাদিগকে শীতকের সাহায্যে ঘনীভূত করিয়া ভিন্ন ভিন্ন গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়। জল হইতে হাল্কা অংশকে লঘু তৈল, ভারী অংশকে গুরু তৈল এবং উহাদের মধ্যবর্তী অংশকে মধ্যম তৈল বলা হয়।

উষ্ণতার সীমা ও উপাদানের নামসহ ভিন্ন ভিন্ন পাতিত অংশের নাম নীচে দেওয়া হইল :

	পাতিত দ্রব্যের নাম	যে উষ্ণতা পর্যন্ত সংগৃহীত	উপাদনসমূহ
১।	লঘু তৈল বা অশোধিত ন্যাপথা (Light oil or crude naphtha)	170°C	বেনজিন ও তাহার সমগণীয় যৌগসমূহ (Benzene and its homologues)
২।	মধ্যম তৈল বা কারবলিক তৈল (Middle oil or carbolic oil)	170°—230°C	কারবলিক অ্যাসিড বা ফিনোল, ন্যাপথেলিন (Carbolic acid or phenol, naphthalene)
৩।	গুরু তৈল বা ক্রিয়োজোট তৈল (Heavy oil or creosote oil)	230°—270°C	উপাদানগুলি পৃথক করা হয় না
৪।	অ্যানথ্রাসিন তৈল	270°C এর উপরে	অ্যানথ্রাসিন ও ফেননথ্রিন (Anthracene and phenanthrene)
৫।	পিচ্ (Pitch)—পাতন যন্ত্রে অবশেষ রূপে প্রাপ্ত।		

বেনজিন, C_6H_6 (Benzene)

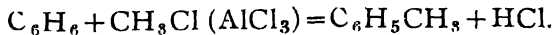
1825 খৃষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী ফ্যারাডে কর্তৃক বেনজিন আবিষ্কৃত হইয়াছিল। আলকাতরা হইতে পাতন ক্রিয়ায় উৎপন্ন লঘু তৈল বা অশোধিত ন্যাপথা হইতে প্রধানতঃ বেনজিন পণ্য হিসাবে উৎপাদন করা হয়। ইহাকে পর পর H_2SO_4, NaOH এর দ্রব ও জল দ্বারা শোধিত করিয়া বিশেষ ধরনের পাতন যন্ত্রে আংশিক ভাবে পাতিত করিলে, বেনজিন ও ইহার পরবর্তী সমগণীয় যৌগ টোলুইন (Toluene) পৃথক অবস্থায় পাওয়া যায়।

ব্যবহারিক প্রয়োগ: জৈব দ্রাবক হিসাবে বেনজিন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। যথা—ইহা তৈল ও চর্বি নিষ্কাশনে এবং পোষাক পরিচ্ছদাদির অনার্দ্র ধৌতিতে ব্যবহৃত হয়। পেট্রোলের সহিত মিশাইয়া মোটর গাড়ীর জ্বালানি রূপেও ইহার প্রয়োগ আছে। নাইট্রোবেনজিন, অ্যানিলীন, ফেনোল প্রভৃতি ইহার **জাতক** পদার্থ (Derivatives) এবং নানা প্রকার রঞ্জক ও ঔষধ প্রস্তুতিতে ইহারা ব্যবহৃত হয়।

বেনজিনের কতিপয় জাতক (**Some derivatives of benzene**): বেনজিনের নানাপ্রকার জাতক আছে। বেনজিন-অণু হইতে একটি বা একাধিক হাইড্রোজেন-পরমাণুর প্রতিস্থাপন দ্বারা ইহারা উৎপন্ন হয়। নিম্নে ইহার কয়েকটি প্রয়োজনীয় জাতকের উল্লেখ করা হইল :

বেনজিন, C_6H_6 → (১) টোলুইন, $C_6H_5CH_3$; (২) নাইট্রোবেনজিন, $C_6H_5NO_2$; (৩) অ্যানিলীন, $C_6H_5NH_2$; (৪) ফেনোল বা কারবলিক অ্যাসিড, C_6H_5OH, (৫) বেনজোয়িক অ্যাসিড, $C_6H_5.COOH$.

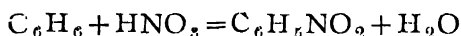
(১) **টোলুইন** (Toluene) $C_6H_5.CH_3$: অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইড অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া বেনজিনের সহিত মিথাইল ক্লোরাইডের (CH_3Cl) বিক্রিয়া ঘটাইয়া টোলুইন উৎপাদন করা যায়। এই বিক্রিয়াকে **ফ্রিডল্‌-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া** (Friedel-Crafts Reaction) বলে।

$$C_6H_6 + CH_3Cl\ (AlCl_3) = C_6H_5CH_3 + HCl.$$

কিন্তু আলকাতরাজাত লঘুতৈলের আংশিক পাতন ক্রিয়ায় ইহা পণ্য হিসাবে পাওয়া যায়। টি. এন. টি. (T. N. T.) নামে পরিচিত ইহার সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় জাতক ত্রি-নাইট্রো টোলুইন (Tri-nitrotoluene) শক্তিশালী বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

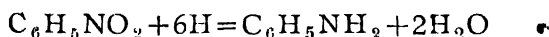
(২) **নাইট্রোবেনজিন** (Nitro-benzene) $C_6H_5.NO_2$: বেনজিন-অণুর একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু নাইট্রো-মূলক (NO_2) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে

এক-নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। ইহাই নাইট্রোবেনজিন নামে পরিচিত। বেনজিন অণুর দুইটি ও তিনটি হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিয়া যথাক্রমে দ্বি ও ত্রি-নাইট্রোবেনজিন পাওয়া যায়।

গাঢ় H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে গাঢ় HNO_3-এর সহিত 50°C উষ্ণতার নীচে বেনজিনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রোবেনজিন উৎপাদন করা হয়। এই প্রক্রিয়াকে নাইট্রো-মূলক সংযোগ (Nitration) বলে।

$$C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5NO_2 + H_2O$$

অ্যানিলীন প্রস্তুতিতেই ইহা সর্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। দ্রাবকরূপে, সস্তা সাবান প্রস্তুতিতে সুগন্ধিরূপে ও মেঝের পালিশ প্রস্তুতিতে ইহার প্রয়োগ আছে।

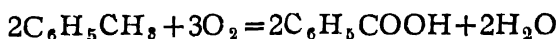
(৩) **অ্যানিলীন** (Aniline), $C_6H_5NH_2$: রাং অথবা লৌহ-চূর্ণ ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে নাইট্রোবেনজিন বিজারিত করিয়া অ্যানিলীন উৎপাদন করা হয়।

$$C_6H_5NO_2 + 6H = C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

নানাপ্রকার জৈব রঞ্জক প্রস্তুতিতে প্রারম্ভিক দ্রব্যরূপে অ্যানিলীন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতেও ইহার প্রয়োগ আছে। বেনজিনের জাতকসমূহের উৎপাদনেও ইহার ব্যবহার আছে।

(৪) **ফেনোল বা কারবলিক অ্যাসিড** (Phenol or carbolic acid) C_6H_5OH : আলকাতরার আংশিক পাতন ক্রিয়ায় 170°–230°C সীমার মধ্যে প্রাপ্ত মধ্যম বা কারবলিক তৈল হইতে ফেনোল পণ্য হিসাবে উৎপাদন করা হয়। সোডিয়ম বেনজিনসালফোনেট ও সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড এক সঙ্গে গলাইয়াও আজকাল প্রচুর পরিমাণে ইহা প্রস্তুত করা হইতেছে।

বীজঘ্ন ও বীজবারকরূপে, পিকরিক অ্যাসিড (Picric acid), রঞ্জক, বেকেলাইট (Bakelite) ও আরও কয়েকটি প্ল্যাস্টিক, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড (Salicylic acid) এবং অ্যাসপাইরিন প্রস্তুতিতে ফেনোল ব্যবহৃত হয়। অশোধিত ফেনোল ও জলের মিশ্র ফিনাইল নামে বিক্রীত হয়।

(৫) **বেনজোয়িক অ্যাসিড** (**Benzoic acid**) : নানা পদ্ধতিতে ইহা প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু স্ট্যানিক ভ্যানেডেট (Stannic vanadate) অনুঘটক-রূপে ব্যবহার করিয়া বাতাস দ্বারা টোলুইনের জারণে ইহা পণ্যরূপে উৎপাদন করা হয়।

$$2C_6H_5CH_3 + 3O_2 = 2C_6H_5COOH + 2H_2O$$

বেনজোয়িক অ্যাসিড ও ইহার কোন কোন লবণ (সোডিয়ম বেনজোয়েট) ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ম বেনজোয়েট ফলরক্ষণেও ব্যবহৃত হয়। বেনজোয়িক অ্যাসিড হইতে অ্যানিলীন ব্লু (Aniline blue) নামক রঞ্জক প্রস্তুত হয়।

কতিপয় রঞ্জক (Dyes), ঔষধ (Medicinals) ও বীজবারক (Antiseptics) : উনবিংশ শতকের শেষপাদে আলকাতরার জাতক দ্রব্য হইতে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে রসায়সিক দ্রব্য উৎপাদনের বিরাট শিল্প গড়িয়া উঠিয়াছে। এ সম্বন্ধে নিম্নে কিছু কিছু আলোচনা করা হইল :

(১) **রঞ্জক (Dyes) :** সপ্তদশ বর্ষীয় ইংরেজ বালক পার্কীন (Perkin), পরে যিনি সার উইলিয়ম পার্কীন নামে প্রসিদ্ধি লাভ করিয়াছিলেন, 1856 খৃষ্টাব্দে, অ্যানিলীন হইতে কুইনিন তৈয়ারির আশায় অ্যানিলীনের সহিত পটাসিয়ম ডাইক্রোমেটের বিক্রিয়ার দ্বারা আলকাতরার মৌলিক রঞ্জকসমূহের প্রথম রঞ্জক দৈবাৎ প্রাপ্ত হইয়াছিলেন। তিনি ইহার নাম দিয়াছিলেন **মভ** (Mauve)। এই জটিল রঞ্জকই আলকাতরাজাত রঞ্জক শিল্পের আদি রঞ্জক।

মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange) : ইহা অ্যাসিড অ্যাজো-রঞ্জক (Acid Azo-dyes) শ্রেণীর অন্তর্গত ; ইহার সংযুতি সংকেত জটিল। ইহার দ্বারা রঞ্জিত সূতার রং পাকা। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে সূচকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

কঙ্গো রেড (Congo red) : ইহা ক্ষারকীয় অ্যাজো-রঞ্জক শ্রেণীর অন্তর্গত। ইহার সংযুতি সংকেতও জটিল। ইহাও সূচকরূপে ব্যবহৃত হয় এবং ইহার দ্বারা রঞ্জিত দ্রব্যের রংও পাকা।

মেজেণ্টা (Magenta or Fuchsin) : ইহা ত্রি-ফিনাইল মিথেন রঞ্জক (Triphenyl methane dyes) শ্রেণীর অন্তর্গত। ইহার দ্বারা রঞ্জিত রেশমী ও পশমী দ্রব্যের রং পাকা কিন্তু তুলাজাত দ্রব্যে ইহার রং পাকা করিতে হইলে রংবন্ধক (Mordant) ব্যবহার করিতে হয়।

অ্যালিজারিণ (Alizarin) : ইহা অ্যানথ্রাকুইনোন রঞ্জক (Anthraquione dyes) শ্রেণীর অন্তর্গত। পূর্বে ইহা দক্ষিণ ফ্রান্স ও ভূমধ্যসাগরের তীরবর্তী দেশসমূহে উৎপন্ন মাদার বৃক্ষের মূল হইতে প্রস্তুত করা হইত এবং **টার্কী রেড** (Turkey Red) নামে বিক্রীত হইত। এখন অ্যানথ্রাসিনের (Anthracene) এর জাতক অ্যানথ্রাকুইনোন (Anthraquinone) হইতে সংশ্লেষিক পদ্ধতিতে পণ্য হিসাবে ইহা উৎপাদিত হইতেছে।

নীল (Indigo) : উনবিংশ শতকে ইহা গ্রীষ্মমণ্ডলের এক শ্রেণীর ছোট গাছ হইতে উৎপাদিত হইত। ১৮৯৭ খৃষ্টাব্দ পর্যন্ত বাঙ্গলা ও বিহারের প্রায় দশ লক্ষ বিঘা জমিতে নীল গাছের চাষ হইত ও তাহাতে অত্যাচারী নীলকরেরা প্রায় দশ কোটি টাকা লাভ করিত। তারপর ফন বায়ার (Von Baeyer) ইহার সংযুতি-সংকেত অবধারণ করেন। তখন ধারণা করা সম্ভব হয় যে আলকাতরাজাত ন্যাপথেলিন হইতে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে ইহা পণ্য হিসাবে উৎপাদন করা যাইতে পারে। প্রথমে প্রায় তিন কোটি টাকা খরচ করিয়াও সমস্ত বাধা বিপত্তি কাটাইয়া উঠিয়া পণ্য হিসাবে নীল উৎপাদন করা সম্ভব হয় নাই। পরে অবশ্য উপযোগী অনুঘটকের সাহায্যে সমস্ত বাধা অতিক্রম করা সম্ভব হইয়াছিল। বর্তমানে ন্যাপথেলিন ও অ্যানিলীন হইতে অল্প খরচে প্রচুর পরিমাণে নীল উৎপাদন করা সম্ভব হইয়াছে যাহার ফলে নীলের চাষ একেবারে বন্ধ হইয়া গিয়াছে।

ঔষধ (Medicinals) : উনবিংশ শতকের শেষ দশকে বিজ্ঞানী এরলিচ্ (Ehrlich) প্রস্তাব করিয়াছিলেন যে এমন রাসায়নিক দ্রব্য সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা সম্ভব হইতে পারে যাহা রোগীর ক্ষতি না করিয়াও রোগের জীবাণু ধ্বংস করিতে সক্ষম এবং ১৯১০ খৃষ্টাব্দে আরসেনিকের সহিত বৃত্তাকার কারবন যৌগের সংযোগ ঘটাইয়া উপদংশ রোগের মহৌষধ **স্যালভারসান** (Salvarsan) নামক যৌগ প্রস্তুত করেন। বর্তমানে লক্ষ লক্ষ রোগী ইহার সাহায্যে এই দারুণ রোগের হাত হইতে নিষ্কৃতি পাইতেছে। আজকাল সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে তৈয়ারি সালফা ঔষধ (Sulfa-drugs) নামে খ্যাত বহু প্রকার ঔষধ আমাদিগকে নানা রকম ভীষণ ভীষণ রোগের হাত হইতে রক্ষা করিতেছে। যেমন, প্রোনটোসিল (Prontosil), সালফানিল এমাইড (Sulphanil amide) সালফাপাইরিডিন (Sulphapyridine—M and B 693) প্রভৃতি ঔষধ আমাদিগকে নিউমোনিয়া (Pneumonia), মেনিনজাইটিস (Meningitis) প্রভৃতি রোগ হইতে নিরাময় করিতেছে। সালফাগুয়ানিডীন (Sulphaguanidine) জীবাণুক রক্ত-আমাশয় (Bacillary dysentery) সারাইতেছে। অ্যাটেব্রিন (Atebrin) অথবা মেপাক্রিন (Mepacrine) ও পেলিউড্রিন (Peludrine) ম্যালেরিয়া রোগের মহৌষধ। আজকাল নানারোগের জীবাণু ধ্বংসকারী অত্যাশ্চর্য ঔষধ পেনিসিলীনও (Penicillin) সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে পণ্য হিসাবে উৎপাদিত হইতেছে। ক্লোরমাইসেটিন (Chlormycetin) জীবনঘাতী টাইফয়েড (Typhoid) রোগ নিরাময়ে ব্যবহৃত হইতেছে।

স্ট্রেপটোমাইসিন (Streptomycin) ও পি. এ. এস. (PAS) নামক ঔষধদ্বয় যক্ষ্মা রোগ নিরাময়ে ব্যবহৃত হইতেছে। অ্যাসপাইরিন (Aspirin) আমাদের মাথার যন্ত্রণার উপশম করিতেছে।

বীজবারক (Antiseptic): জীবাণুর অস্তিত্ব ১৬৭৫ খৃষ্টাব্দে ভ্যান লিউএন্‌হক্ (Van Leeuenhock) কর্তৃক সর্বপ্রথম পরিলক্ষিত হয়। কিন্তু জীবাণু ও তৎকর্তৃক সৃষ্ট রোগের মধ্যে সম্বন্ধ পাস্তুরের (Pasteur) গবেষণায় ১৮৬০ হইতে ১৮৮০ খৃষ্টাব্দের মধ্যে আবিষ্কৃত হয়। এই হেতু ১৮৮০ খৃষ্টাব্দের পূর্বে বড় রকমের অস্ত্রোপচার বড়ই বিপদপূর্ণ ছিল এবং অনেক ক্ষেত্রেই অস্ত্রোপচারের স্থানে পচনক্রিয়া আরম্ভ হওয়ায় রোগী মারা যাইত।

লিষ্টার (Lister) নামক বিজ্ঞানী প্রথম উপলব্ধি করেন যে জীবাণুর বিষ ক্রিয়াই অস্ত্রোপচারের পরে বিপদ আনিবার মূল কারণ এবং তিনিই বীজবারকরূপে অস্ত্রোপচারে ফেনোল প্রথম প্রচলিত করেন। যে সমস্ত দ্রব্য জীবাণু ধ্বংস করে অথবা তাহাদের সংখ্যা বৃদ্ধি রোধ করে তাহারাই **বীজবারক** (Antiseptic) নামে অভিহিত। ফেনোল, ক্রেসোল তিনটি (cresols), $C_6H_4CH_3$ (OH) ও লাইজল নামে পরিচিত তাহাদের জলীয়দ্রব এখনও বীজবারকরূপে ব্যবহৃত হয়। স্যালোল নামে পরিচিত ফিনাইল স্যালিসাইলেটের (Phenyl salicylate) বীজবারক রূপে প্রয়োগ আছে। এই সমস্ত দ্রব্য বাদে আরও অনেক বৃত্তাকার যৌগ আছে যাহারা শুধু বীজবারকরূপেই পণ্য পদ্ধতিতে উৎপাদিত হইয়া থাকে। যেমন, অ্যাক্রিফ্লেভিন (Acriflavine), প্রোফ্লেভিন (Proflavine), মারকিউরোক্রোম (Mercuro chrome), জেনসিয়ান ভায়োলেট (Gentian violet) থাইমল (Thymol) ইত্যাদি। আয়োডিন অজৈব পদার্থ হইলেও এবং আয়োডোফরম বৃত্তাকার জৈব পদার্থ না হইলেও বীজবারকরূপে ব্যবহৃত হইতেছে।

প্রশ্নমালা

১। আলকাতরার পাতন ক্রিয়ায় যে সমস্ত দ্রব্য উৎপন্ন হয় তাহাদের নাম লিখ।

২। বেনজিন ও তাহার সমশ্রণীয় হাইড্রোকারবন এবং অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকারবনসমূহের মধ্যে যে পার্থক্য আছে তাহা বর্ণনা কর।

৩। যুক্ত ও মুক্ত সারবন্দী কারবন যৌগ কাহাকে বলে উদাহরণসহ তাহা ব্যাখ্যা কর।

৪। বেনজিন কিভাবে উৎপাদিত হয়? তাহার সংযুতি-সংকেত লিখ। তাহার কয়েকটি জাতকের নাম লিখ।

৫। বেনজিনের কয়েকটি জাতকের নাম কর। তাহাদের উৎপাদন-পদ্ধতি ও ব্যাবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৬। কয়েকটি প্রসিদ্ধ রঞ্জকের নাম কর ও তাহাদের সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৭। বৃত্তাকার যৌগ শ্রেণীর অন্তর্গত কয়েকটি প্রসিদ্ধ ঔষধ ও বীজবারক সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

অষ্টাত্রিংশ অধ্যায়

খাদ্য (Food)

যে দ্রব্য খাইলে আমাদের দেহের ক্ষয়পূরণ, পুষ্টিসাধন, তাপ উৎপাদন ও শক্তির সঞ্চার হয় এবং দেহ কর্মপটু থাকে তাহাকে **খাদ্য** বলা হয়। উপাদান গতভাবে ছয় শ্রেণীর খাদ্যদ্রব্য দেখিতে পাওয়া যায়। যথা—(১) প্রোটীন (Protein), (২) স্নেহ-পদার্থ-তৈল ও চর্বি, (৩) কারবোহাইড্রেট, (৪) জল, (৫) খনিজ পদার্থ এবং (৬) ভাইটামিন (Vitamins)। ইহাদের মধ্যে প্রথম তিনটি প্রত্যক্ষ ও মূল উপাদান (Proximate principles)। ইহারা দেহের ক্ষয়পূরক, পুষ্টিসাধক, তাপ উৎপাদক ও শক্তি সঞ্চারক। ইহাদিগকে ও ভাইটামিনগুলিকে উদ্ভিদ ও জীবদেহ হইতে সংগ্রহ করা হয় যদিও আজকাল কোন কোন ভাইটামিন সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হইতেছে। জল ও খনিজ পদার্থের কিছু অংশ জীব ও উদ্ভিদ দেহ হইতে এবং অবশিষ্টাংশ প্রকৃতি হইতে লওয়া হয়। জল ও লবণ দেহের বৃদ্ধিসাধনে ও তাহার রক্ষায় সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় এবং তাহাকে কর্মপটু রাখে। ভাইটামিন নানাপ্রকার রোগের হাত হইতে দেহ রক্ষা করে, তাহাকে কর্মপটু রাখে ও কয়েক প্রকার খাদ্যবস্তু আত্তীকরণে তাহাকে সহায়তা করে।

আমাদের দেহ ও খাদ্যের মধ্যে সম্বন্ধ বিচার করিতে হইলে প্রাণী ও উদ্ভিদের দেহের মধ্যে কিরূপ যোগাযোগ আছে তাহা প্রথমে আলোচনা করা প্রয়োজন। প্রাণী ও উদ্ভিদ-সৃষ্টির সূচনা হইতেই বিরামহীন জীবন-চক্রে তাহারা সহযোগিতা করিয়া আসিতেছে। উদ্ভিদের প্রকৃতি প্রধানতঃ গঠনশীল ও রক্ষণশীল। ইহার দেহে অবস্থিত ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামক সবুজবর্ণের জটিল জৈব পদার্থ সূর্যালোকের সাহায্যে CO_2, H_2O ও নাইট্রোজেনযুক্ত অজৈব লবণের মধ্যে আলোক-সংশ্লেষণ (Photosynthesis) ঘটাইয়া উহাদিগকে গুরু আনবিক গুরুত্বযুক্ত কারবোহাইড্রেট, স্নেহ পদার্থ এবং প্রোটীনে রূপান্তরিত করে এবং এই প্রকারে উদ্ভিদ দেহে সৌরশক্তি সঞ্চিত রাখে।

কিন্তু জীবদেহে এইরূপ বিক্রিয়া ঘটা সম্ভবপর নহে। সেইজন্য প্রাণী এই সমস্ত দ্রব্য উদ্ভিদ হইতে খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। জীবদেহে আত্তীকৃত (Assimilation) হইবার সময় এই সমস্ত পদার্থের জটিল অণু ভাঙ্গিয়া সরলতর ও লঘুতর আণবিক গুরুত্বযুক্ত অণুতে পরিবর্তিত হয় ও তাহাতে উদ্ভিদ দেহে শোষিত সৌর শক্তির কিছু অংশ তাপের আকারে নিঃসৃত হয়। ইহাকে জীবের **পরিপাক ক্রিয়া** (Digestion)

বলে। খাদ্যের যে অংশ আত্তীকৃত হয় না তাহার কিছু অংশ CO_2-এর আকারে নিশ্বাসের সহিত, H_2O-এর আকারে নিশ্বাস, ঘাম, মূত্র ও মলের সহিত, ইউরিয়ার আকারে মূত্রের সহিত এবং অবশিষ্টাংশ মলের আকারে প্রকৃতিতে পরিত্যক্ত হয় এবং তাহা আবার উদ্ভিদ কর্তৃক নানা আকারে গৃহীত হয়। এইভাবে জীব ও উদ্ভিদের জীবনচক্র অবিরাম আবর্তিত হইতে থাকে।

এক্ষণে খাদ্যের বিভিন্ন উপাদান সম্বন্ধে সংক্ষিপ্তভাবে আলোচনা করা হইতেছে।

(১) **প্রোটীন:** এই শব্দটি একটি গ্রীক শব্দ হইতে উৎপন্ন যাহার অর্থ "প্রথম স্থান অধিকার করা"। কারণ আমাদের দেহের মাংস প্রোটীন দ্বারা গঠিত এবং এই শ্রেণীর খাদ্যের প্রধান কর্ম হইল দেহের ক্ষয়পূরণ ও গঠন বৃদ্ধিকরণ যাহা অপর শ্রেণীর খাদ্যদ্রব্য দ্বারা সম্ভব নহে। ইহা দেহের তাপও কিছু পরিমাণে উৎপাদন করিতে পারে। প্রোটীন দুই শ্রেণীর: প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ। মাছ, মাংস, ডিম ও দুগ্ধে যে সমস্ত প্রোটীন বিদ্যমান তাহারা প্রাণিজ প্রোটীন এবং ডাল, সিম, সোয়াবিন, চীনাবাদাম, পেস্তা, বাদাম, চাল, গম, ভুট্টা প্রভৃতিতে যে সমস্ত প্রোটীন বিদ্যমান তাহারা উদ্ভিজ্জ প্রোটীন। দুই শ্রেণীর প্রোটীন অণুই কারবন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও গন্ধক পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং কোন কোন প্রোটীনের অণুতে এই সমস্ত মৌলের পরমাণুসহ ফসফরসের পরমাণুও বিদ্যমান। প্রোটীন-অণুসমূহ অ্যামিনো অ্যাসিড (Amino acid) নামক এক শ্রেণীর জৈব যৌগের বহু সরলতর অণুসংযোগে গঠিত। সেইজন্য প্রোটীনের আণবিক গুরুত্ব অত্যন্ত বেশী। যেমন ডিমের সাদা অংশে অবস্থিত এগ্-অ্যালবুমিন (Egg albumin), রক্তের লোহিত কণিকা, হিমোগ্লোবিন (Haemoglobin) ও দুগ্ধের প্রোটীন কেসিনের (Casein) আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে, 34000, 67000 ও 33000। অ্যামিনো অ্যাসিডের অণুতে অ্যামিনোমূলক NH_2 ও কারবক্সিল-মূলক COOH বিদ্যমান। একটি প্রোটীনের সহিত অপর একটি প্রোটীনের পার্থক্য নির্ভর করে উহাদের অণুর উপাদান অ্যামিনো-অ্যাসিডের বিভিন্নতার উপর। প্রোটীন পরিপাক হইবার সময় তাহার দৈত্যাকৃতির অণুসমূহ আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামিনো-অ্যাসিডের অণুর ন্যায় সরলতর অণুতে পরিণত হয়। আমাদের শরীর লাইসিন (Lysine) ট্রিপটোফেন (Tryptophane), সিস্টিন (cystine) প্রভৃতি অ্যামিনো-অ্যাসিডের সংযোগে গঠিত এবং আমাদের প্রাণিজ খাদ্যেও এই সমস্ত অ্যামিনো-অ্যাসিড যুক্তাবস্থায় প্রোটীনাকারে আছে। সুতরাং প্রাণিজ প্রোটীন উদ্ভিজ্জ প্রোটীন হইতে অপেক্ষাকৃত সহজপাচ্য এবং এই কারণে আমাদের শরীরের ক্ষয় পূরণ ও ক্রম বর্ধনে প্রাণিজ প্রোটীনই অধিক পরিমাণে

সাহায্য করিয়া থাকে। এইজন্য আমাদের দৈনন্দিন খাদ্যে যে পরিমাণ প্রোটীন থাকা প্রয়োজন তাহার শতকরা 75 ভাগ প্রাণিজ প্রোটীন হইলে স্বাস্থ্যের পক্ষে ভাল হয়।

(২) **স্নেহপদার্থ—চর্বি ও তৈল:** চর্বি ও তৈল সম্বন্ধে পঞ্চত্রিংশ অধ্যায়ে এস্টার প্রসঙ্গে সাধারণ ভাবে আলোচনা করা হইয়াছে। স্নেহ পদার্থ ও কারবোহাইড্রেট প্রধানতঃ শরীরের তাপ ও কর্মশক্তি সরবরাহ করে। কিন্তু স্নেহ পদার্থের তাপ ও শক্তি উৎপাদন ক্ষমতা সমপরিমাণ কারবোহাইড্রেটের ঐ ক্ষমতা অপেক্ষা দুই গুণেরও অধিক। সুতরাং যাহারা কায়িক পরিশ্রম করিয়া থাকে তাহাদের পক্ষে স্নেহ পদার্থ খাওয়া নিতান্তই প্রয়োজন।

ইহা মলের কাঠিন্য নিবারণ করিয়া কোষ্ঠ পরিষ্কার রাখিতে পারে! শাক সবজিতে বিদ্যমান ক্যারোটিন (Carotene) নামক কমলা রংএর জৈব যৌগ স্নেহপদার্থে দ্রবণীয়। ইহা পরিপাকযন্ত্রে ভাইটামিন-এ তে পরিণত হয়! সুতরাং ইহা স্নেহপদার্থ ব্যতিরেকে শরীরের উপকারে লাগে না।

স্নেহপদার্থ দুই শ্রেণীর: প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ। মাছের তেল, ডিমের কুসুম, মাংসের চর্বি প্রভৃতি প্রাণিজ স্নেহপদার্থে ভাইটামিন-এ ও ডি থাকে। সুতরাং রোগ নিরোধ ও শরীর পালনে উদ্ভিজ্জ স্নেহ পদার্থ অপেক্ষা প্রাণিজ স্নেহ পদার্থের অধিক প্রয়োজন। শরীরের পক্ষে দৈনন্দিন প্রয়োজনের অতিরিক্ত পরিমাণে স্নেহপদার্থ খাইলে অতিরিক্ত অংশ চর্বির আকারে শরীরের নানাস্থানে সঞ্চিত থাকে এবং অত্যধিক পরিশ্রম বা অনাহারের সময় এই সঞ্চিত শক্তি-উৎপাদক পদার্থ পুনরায় রক্তে চালিত হইয়া পেশীগুলিকে বলদান ও ক্রিয়াশীল করিয়া থাকে। ইহারা পরিপাক যন্ত্রে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া মেদাম্ল (Fatty acid) ও গ্লিসারিনে পরিণত হয়।

এইভাবে উৎপন্ন দ্রব্য দুইটি ক্ষুদ্রান্ত্রের দেওয়ালের ভিতর দিয়া সহজেই ব্যাপ্ত (Diffuse) হইয়া রক্তস্রোতে পুনরায় তাহারা স্নেহপদার্থে রূপান্তরিত হয়।

(৩) **কারবোহাইড্রেট:** ষটত্রিংশ অধ্যায়ে এই শ্রেণীর দ্রব্য সম্বন্ধে আলোচনা করা হইয়াছে। সাধারণতঃ শ্বেতসার ও শর্করারূপে আমরা এই শ্রেণীর দ্রব্য খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করিয়া থাকি। আমাদের প্রধান খাদ্য ভাত ও রুটির বেশী অংশই শ্বেতসার ও সেলিউলোজ নামক কারবোহাইড্রেটদ্বয়ে গঠিত, যদিও ইহাতে কিছু পরিমাণ প্রোটীনও আছে।

কারবোহাইড্রেট তাপ ও শক্তি উৎপাদক খাদ্য, যদিও ইহার এই ক্ষমতা স্নেহপদার্থের ক্ষমতা হইতে কম। কিন্তু ইহা চর্বি অপেক্ষা সহজে এবং কম সময়ে

পরিপাক হইয়া যায় এবং ইহার দামও কম। সুতরাং ইহা গরীবের পক্ষে সহজলভ্য। ইহা স্নেহপদার্থের পরিপাক ক্রিয়ায় সহায়তা করে। সেইজন্য ভাতের সহিত ঘি বা মাখন, এবং চিনি ও রুটির সহিত মাখন বা ঘি খাওয়া উচিত।

পরিপাকযন্ত্রে কারবোহাইড্রেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া গ্লুকোজে রূপান্তরিত হয় ও তাহা রক্তপ্রবাহে মিশিয়া যায়। দেহের প্রয়োজনের অতিরিক্ত কারবোহাইড্রেট খাইলে অতিরিক্ত অংশের এক ভাগ গ্লাইকোজেন (Glycogen) নামক শর্করায় রূপান্তরিত হইয়া যকৃতে ও পেশীসমূহে রক্ষিত থাকে এবং সেখান হইতে, কোন কারণে শরীরে গ্লুকোজের প্রয়োজন হইলে, উহা গ্লুকোজে পরিণত হইয়া রক্ত-প্রবাহে পুনরায় মিশিয়া যায়। অতিরিক্ত অংশের অপর ভাগ চর্বিতে পরিণত হইয়া মেদরূপে দেহে রক্ষিত হয়।

(৪) **জল**—দেহের ওজনের প্রায় শতকরা সত্তর ভাগই জল এবং ইহা শরীরের সকল অংশেই বিদ্যমান। সুতরাং দেহের গঠনে জলের প্রয়োজন অন্য শ্রেণীর খাদ্য অপেক্ষা কম নহে। তারপর দেহমধ্যে, জল পরিপাক ক্রিয়ায় ও তাহাতে প্রয়োজনীয় রস প্রস্তুতিতে, রক্তের তরলতা রক্ষায় এবং মল, মূত্র ও ঘর্মাকারে দেহের ক্ষতিকর ও বর্জনীয় বস্তুসমূহ এবং অতিরিক্ত তাপ নিষ্ক্রমণে সহায়তা করে। সুতরাং দৈনিক আমাদের প্রায় $2\frac{1}{2}$ সের হইতে 3 সের পর্যন্ত জল পান করা উচিত।

খনিজ পদার্থ—শরীরের ক্ষয়পূরণ ও পুষ্টি সাধনের নিমিত্ত আমরা তরিতরকারী, শাক-সবজি, ফলমূল, দুধ প্রভৃতির সহিত নয় দশ প্রকার লবণ খাইয়া থাকি। খাদ্য লবণ, সোডিয়ম ক্লোরাইড আমরা অন্যান্য খাদ্যের মাধ্যমে যে পরিমাণে পাইয়া থাকি তাহা শরীর ধারণের পক্ষে পর্যাপ্ত না হওয়ায় আমরা উহা পাতে, এবং নানারূপ রন্ধিত খাদ্যের সহিত খাইয়া থাকি। মিষ্টান্ন বাদে অন্যান্য খাদ্য ইহার উপযোগী পরিমাণে অবস্থিতিতে রসনা তৃপ্তিকর হয়। ইহা হইতে পাকস্থলীতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়; দেহে প্রোটীন ইহার সাহায্যেই দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। মাংসপেশী, যকৃৎ ও রক্ত কণিকায় পটাসিয়মের লবণ থাকে। ভাত, ডাল, আলু, শাকসবজী ও দুগ্ধের সহিত আমরা ইহা পাইয়া থাকি।

আমাদের শরীরের শতকরা 15 ভাগ ক্যালসিয়ম ও 1 ভাগ ফসফরস। আমাদের শরীরের কাঠাম হাড়, ও দাঁতের প্রধান উপাদান ক্যালসিয়ম ফসফেট। রক্তে এবং নরম পেশীতেও ক্যালসিয়মের লবণ বিদ্যমান। সুতরাং শিশু, উঠতি বয়সের বালক বালিকা, সন্তান সম্ভবা ও দুগ্ধবতী মাতার খাদ্যে পর্যাপ্ত পরিমাণে ক্যালসিয়মের লবণ থাকার প্রয়োজন। সকল রকম খাদ্যে অবস্থিত ক্যালসিয়ম

লবণ সমভাবে শরীরের কাজে লাগে না। প্রোটীন খাদ্য বেশী খাইয়া হজম করিতে পারিলে এবং দই খাওয়া অভ্যাস করিলে শরীর অধিক পরিমাণে ক্যালসিয়ম লবণ গ্রহণ করিতে পারে। কমলা লেবু ও ভাইটামিন-ডি শরীরের ক্যালসিয়ম লবণ-গ্রহণে সহায়তা করে। মিষ্টি কুমড়ার শাক, নটেশাক, ডাঁটা, ফুলকপি, ডাল, বাদাম, দুধ, ডিমের কুসুম, রুইমাছ প্রভৃতি খাদ্যে ক্যালসিয়ম লবণ বিদ্যমান।

আমাদের দেহে লৌহের শতকরা হার 0·004। রক্ত কণিকার হিমোগ্লোবিনের একটি বিশেষ উপাদান লৌহ। এই লৌহের সাহায্যেই হিমোগ্লোবিন ফুসফুস হইতে অক্সিজেন লইয়া দেহের বিভিন্ন কোষে পৌছাইয়া দেয়। পূর্ণ বয়স্ক লোকের স্বাস্থ্যের পক্ষে প্রত্যহ 0·0173 গ্রাম লৌহের প্রয়োজন। খাদ্যে লৌহের পরিমাণ প্রয়োজনীয় পরিমাণের কম হইলে রক্তাল্পতা রোগ (Anæmia) জন্মে। ডিম, মাছ, মাংস এবং চাল, গম, যব প্রভৃতি রবিশস্যের লৌহ দেহে সহজেই আত্তীকৃত হয়। হিরাকস (Ferrous Sulphate) অল্প পরিমাণে গ্রহণ করিলে রক্তাল্পতা রোগ জন্মে না।

অতি সামান্য মাত্রায় তাম্রের লবণ রক্তের লোহিত কণিকা গঠনে সহায়তা করে। টাট্‌কা ফলমূল, কড়াইশুটি, কিসমিস, মুরগীর মাংস প্রভৃতি খাদ্যে ইহা বিদ্যমান।

ম্যাঙ্গানিজ, ম্যাগনেসিয়ম ও আয়োডিন ঘটিত লবণও অতিশয় অল্প পরিমাণে পুষ্টির পক্ষে প্রয়োজন।

ভাইটামিন (Vitamins)

পূর্বে মনে করা হইত যে শুধু মাত্র প্রোটীন, কারবোহাইড্রেট, স্নেহ পদার্থ, জল ও খনিজ পদার্থ প্রয়োজনীয় মাত্রায় খাদ্য রূপে গ্রহণ করিলেই সুষ্ঠু ভাবে জীবন ধারণে কোন অন্তরায় উপস্থিত হয় না। কিন্তু আইকম্যান (Eijkman), হপকিনস (Hopkins), ম্যাককোলাম (McCollum), ফাঙ্ক (Funk) প্রভৃতি বিজ্ঞানীর গবেষণায় প্রমাণিত হইয়াছে যে **ভাইটামিন** নামক আর এক শ্রেণীর খাদ্যদ্রব্য সামান্য মাত্রায় গ্রহণ না করিলে শরীরের বৃদ্ধি ও পুষ্টির ব্যাঘাত হয় ও নানারূপ ব্যাধির আক্রমণে জীবনধারণ অসম্ভব হয়। ইহাদের অভাবজনিত রোগই ইহাদের অস্তিত্ব প্রমাণ করিয়াছে। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ইহাদের সামান্য পরিমাণই প্রয়োজন। পিচ্ছিলকারী তৈল (Lubricating oil) যেমন যন্ত্রের ঘর্ষণ-ক্ষয় নিবারণ করিয়া তাহার পরিচালনায় সাহায্য করে ভাইটামিনগুলিও তেমনি আমাদের বিভিন্ন অঙ্গপ্রত্যঙ্গগুলিকে সহজ ও স্বাভাবিকভাবে কার্য করিতে

সাহায্য করে। সেইজন্য ইহাদিগকে সাহায্যকারী খাদ্য বলা হয়। ইহাদের প্রভাবে শরীরের কোষ, কলা, তন্তু, অস্থি, দন্ত ও অন্যান্য অংশের গঠন, পুষ্টি ও সক্রিয়তা অন্যান্য প্রয়োজনীয় খাদ্যের সাহায্যে স্বাভাবিকভাবে সম্পন্ন হয়। প্রায় সকল প্রকার টাটকা খাদ্যেই ইহাদের কোন-না কোনটা বিদ্যমান।

ভাইটামিনগুলি মোটামুটি দুই ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে :

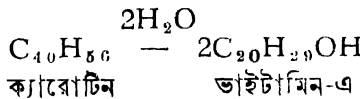
(১) জলে দ্রবণীয় ভাইটামিন : যেমন, ভাইটামি বি$_1$, বি$_2$ প্রভৃতি ও সি।

(২) তৈলে দ্রবণীয় ভাইটামিন ; যেমন ভাইটামিন এ, ডি, ই ও কে।

এই সমস্ত ভাইটামিন সম্বন্ধে এ পর্যন্ত যাহা জানা গিয়াছে তাহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

ভাইটামিন-এ—এই ভাইটামিনের প্রভাবের উপর নির্ভর করে দেহের গঠন, ওজন ও উচ্চতাবৃদ্ধি, হাড় ও দাঁতের গঠন এবং মাংসপেশীর পুষ্টি ও চর্মের সুস্থতা। ইহা মাতৃস্তনে দুগ্ধ সঞ্চারের সহায়তা করে। ইহার অভাবে চোখের নানা প্রকার রোগ জন্মে। রাতকানা রোগ ইহারই অভাবের ফল। ইহার অভাবে কয়েক প্রকার ফুসফুসের রোগও হইয়া থাকে এবং শরীরের সংক্রামকরোগ-প্রতিরোধ ক্ষমতা লোপ পায়।

শাক, গাজর, রাঙাআলু, কচিপাতা, দুধ, মাখন, ডিমের কুসুম এবং পশু ও মাছের যকৃতে এই ভাইটামিন বিদ্যমান। এই ভাইটামিন মূলতঃ উদ্ভিদ হইতে উৎপন্ন। গাজর, টম্যাটো, পাকালঙ্কা, আম প্রভৃতি ফলে ও উদ্ভিদের কচিপাতায় ক্যারোটিন (Carotene) নামক একপ্রকার জৈব যৌগ আছে। তাহার উপর জলের বিক্রিয়ায় ভাইটামিন-এ উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{ক্যারোটিন}}{C_{40}H_{56}} \xrightarrow{2H_2O} \underset{\text{ভাইটামিন-এ}}{2C_{20}H_{29}OH}$$

পশু, পক্ষী ও মাছের দেহে ভাইটামিন-এ উদ্ভিদ হইতেই উৎপাদিত হয়।

ভাইটামিন-বি—ভাইটামিন-বি বলিতে মাত্র একটি ভাইটামিন বুঝায় না। ইহা অনেকগুলি জলে দ্রবণীয় ভাইটামিনের সমষ্টি। সেইজন্য ইহাকে ভাইটামিন-বি-সমষ্টি (Vitamin B Complex) বলা হয়। ইহাদের সাতটির বিষয় জানা গিয়াছে। ইহাদের মধ্যে আবার ভাইটামিন বি$_1$, বি$_2$ ও বি$_3$ আমাদের প্রয়োজনীয়। কারবোহাইড্রেট খাদ্য পরিপাকে ভাইটামিন বি$_1$ সহায়তা করে। ইহা সংশ্লেষিত হইয়াছে ও ইহার রাসায়নিক নাম থিয়ামিন ক্লোরাইড (thiamin chloride)! ইহা অগ্নিমান্দ্য ও স্নায়বিক দৌর্বল্য রোধ করে। হৃদ্‌যন্ত্রের

ক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে পরিচালিত হইতেও ইহা সাহায্য করে। ইহার অভাবে দেহ বেরিবেরি রোগে আক্রান্ত হয় ও ইহার প্রয়োগে ঐ রোগ সারিয়া যায়।

ভাইটামিন-বি$_2$ মাত্র একটি যৌগ নহে। ইহা রিবোফ্ল্যাভিন, নিকোটিনিক অ্যাসিড প্রভৃতি কতিপয় যৌগের সমষ্টি। ইহা শরীরের রোগ নিরোধ ক্ষমতা ও হজম শক্তি বৃদ্ধি করে। ইহার অভাবে পেলাগ্রা (Pellagra) নামক মারাত্মক চর্মরোগ, মুখে ও ঠোঁটে ঘা, স্নায়বিক দৌর্বল্য, অকাল বার্ধক্য, শারীরিক অবসাদ প্রভৃতির দ্বারা দেহ আক্রান্ত হয় ও জীবনীশক্তি হ্রাস পায়।

ভাইটামিন বি-সমষ্টি চালের কুঁড়া, আটা, ডাল, বাঁধাকপি, ফুলকপি, শাকসবজি, ঈষ্ট, প্রাণীর যকৃৎ, মাংস, ডিম প্রভৃতিতে বিদ্যমান। তবে ঢেঁকিছাটা চাল, চিঁড়া, গুড়, ডাল ও ডিমে ইহা অধিক পরিমাণে বর্তমান। উদ্ভিজ্জ পদার্থ হইতেই ইহা প্রাণিদেহে প্রবিষ্ট হয়। ইহা জলে দ্রবণীয় জন্য ভাতের মাড় ফেলিয়া দেওয়া উচিত নহে। রান্নার উত্তাপে ইহা নষ্ট হয় না।

ভাইটামিন-সি—রোগ নিরোধ করিতে ও দেহ সুস্থ রাখিতে এই ভাইটামিনের প্রয়োজন। দাঁত, হাড় ও পাকস্থলী সতেজ এবং সক্রিয় রাখিতে ইহার আবশ্যকতা অনস্বীকার্য। রক্তের লোহিত কণিকা গঠনেও ইহার দরকার। শ্রমবিমুখতা, সাধারণ দুর্বলতা, হাত ও পায়ের সন্ধিস্থলসমূহে বেদনাবোধ, দাঁতের গোড়ায় ঘা ও রক্ত নিঃসরণ ও মুখমণ্ডলের রক্তাল্পতা প্রভৃতি লক্ষণ যুক্ত স্কার্ভি রোগ (scurvy) ইহার সম্পূর্ণ অভাবে জন্মিয়া থাকে। ইহার আংশিক অভাবে পায়োরিয়া নামক দন্তরোগ জন্মে।

নিউমোনিয়া, টাইফয়েড প্রভৃতি কঠিন রোগে ইহার প্রয়োগে ফল পাওয়া যায়।

টাট্‌কা ফল ও শাকসবজিতে ইহা বিদ্যমান। সুতরাং নানা শ্রেণীর লেবুর রস, পেয়ারা, শশা, আমলকী, আম, পেঁপে, পেঁয়াজ, পেঁয়াজকলি, অঙ্কুরিত ছোলা, মুগ এবং কাঁচা শাকের স্যালাড খাইলে দেহে এই ভাইটামিনের অভাব হয় না। আজকাল রাসায়নিক পদ্ধতিতেও ইহা অ্যাসকরবিক অ্যাসিড (Ascorbic acid) রূপে প্রচুর পরিমাণে উৎপাদিত হইতেছে। ইহা উত্তাপে অতি সহজে নষ্ট হয়।

ভাইটামিন-ডি—ইহাকে রিকেট-রোগ রোধক ভাইটামিন বলে। কারণ ইহার অভাবে ক্যালসিয়ম ও ফসফরস শরীরে আত্তীকৃত হয় না এবং এই জন্য হাড় সুগঠিত ও দৃঢ় না হওয়ায় হাত পা সরু সরু হয়, বুক পায়রার বুকের ন্যায় হয় ও মেরুদণ্ড বাঁকিয়া যায়। ইহাই রিকেট রোগের লক্ষণ। ইহাতে হজম শক্তি নষ্ট হইয়া যায় ও রোগী ধীরে ধীরে মৃত্যুমুখে পতিত হয়। এই ভাইটামিনের অভাবে দাঁতও সুগঠিত না হওয়ায় অস্থিক্ষত রোগে (Caries) উহা আক্রান্ত হয়।

ডিম, মাখন, দুধ, পনীর ও মাছের যকৃতের তেলে ইহা বিদ্যমান। ইলিস, কড, হ্যালিবাট প্রভৃতি মাছের ও হাঙ্গরের যকৃতের তেলে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। জীবদেহে স্টেরলজাতীয় এক শ্রেণীর তৈলাক্ত পদার্থ সূর্যকিরণে অবস্থিত অতি বেগুনী রশ্মির ক্রিয়ায় ভাইটামিন-ডি তে পরিণত হয়। সেইজন্য গ্রীষ্মপ্রধান দেশে রিকেট রোগ কম হয় ও রৌদ্রে-চরা গরুর দুধে ডি-ভাইটামিন বেশী পরিমাণে দেখা যায়। আজকাল অতি বেগুনী রশ্মি দ্বারা প্রভাবিত করিয়া অনেক ঔষধ এবং খাদ্য কৃত্রিম উপায়ে ডি-ভাইটামিনযুক্ত করা হয়।

ভাইটামিন-ই—ইহার সম্পূর্ণ অভাবে প্রজনন শক্তি নষ্ট হইয়া যায়। আজকাল রাসায়নিক পদ্ধতিতেও ইহা প্রস্তুত করা হইতেছে। দুগ্ধবতী মাতার পক্ষেও এই ভাইটামিনের প্রয়োজন।

ভাইটামিন-কে—ইহা রক্তপাত রোধক ভাইটামিন। মাখন, তৈল জাতীয় খাদ্য ও শাকসবজিতে ইহা বিদ্যমান। রাসায়নিক পদ্ধতিতে ইহা প্রস্তুত করা হইতেছে। সদ্যজাত শিশুকে ইহা খাওয়ান দরকার। রক্তপাতেও ইহা প্রয়োগ করিতে হয়।

পুষ্টিকর (Nutritious) ও সুষম (Balanced) খাদ্য—খাদ্য সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিয়া আমরা উপলব্ধি করিয়াছি যে জীবন ধারণের জন্য ছয় শ্রেণীর পদার্থ খাদ্যরূপে গ্রহণ করিতে হয়। যখন কোন দ্রব্যে খাদ্যের একটি বা একাধিক উপাদান পর্যাপ্ত পরিমাণে বর্তমান থাকে তখন তাহাকে পুষ্টিকর খাদ্য বলে। যেমন, সরিষার তেল, ঘি, মাখন, ভাত, রুটি, মাছ, মাংস, ডিম প্রভৃতি। কিন্তু পৃথিবীতে এমন একটি দ্রব্য দেখিতে পাওয়া যায় না যাহাতে খাদ্যের সমস্ত উপাদানই আবশ্যকীয় অনুপাতে বিদ্যমান। দুগ্ধে খাদ্যের উপাদানগুলি থাকিলেও তাহাতে উপাদানগুলি এমন অনুপাতে আছে যে ইহা শিশুর পক্ষে পর্যাপ্ত হইলেও পূর্ণবয়স্ক লোকের পক্ষে যথেষ্ট নহে। এই কারণে পরিপূর্ণ স্বাস্থ্যের সহিত জীবন ধারণ করিতে হইলে আমাদের এমন কতিপয় খাদ্য বিভিন্ন পরিমাণে দৈনিক খাওয়া উচিত যাহাতে দেহাভ্যন্তরে সংঘটিত অসংখ্য প্রক্রিয়ায় আবশ্যক, খাদ্যের সমস্ত উপাদানই প্রয়োজনীয় অনুপাতে বিদ্যমান। এইরূপ খাদ্যসমষ্টিকে **সুষম খাদ্য** (Balanced diet) বলে। সুষম খাদ্যের কোন্ উপাদান কি অনুপাতে দৈনিক খাইতে হইবে তাহা নির্ভর করে প্রধানতঃ খাদকের বয়স, পেশা এবং শারীরিক অবস্থার উপর। লঘু কাজ করিতে অভ্যস্ত একজন প্রাপ্তবয়স্ক পুরুষের প্রতিদিন 2500—2800 ক্যালরি (Calories) তাপের প্রয়োজন। কিন্তু তাপের পরিমাণ পরিশ্রমের পরিমাণের উপর নির্ভর করায় একজন কায়িক পরিশ্রম করিতে অভ্যস্ত পুরুষের প্রয়োজন 3000—6000 ক্যালরি পর্যন্ত। স্বাভাবিক অবস্থায় একজন

পূর্ণবয়স্কা স্ত্রীলোকের প্রয়োজন 2200—2800 ক্যালরি। কিন্তু গর্ভাবস্থায় ও সন্তান প্রসবের পর তাহার প্রয়োজন 2600—3000 ক্যালরি।

সাধারণ ভাবে কর্মব্যস্ত একজন পূর্ণবয়স্ক লোকের দৈনন্দিন সুষম খাদ্যে বিভিন্ন উপাদানগুলি কি কি পরিমাণে থাকা প্রয়োজন তাহা নিম্নে দেখান হইল :

উপাদানের নাম	পরিমাণ
প্রোটীন	80 হইতে 100 গ্রাম
স্নেহ পদার্থ (তৈল ও চর্বি)	65 „ 75 „
কারবোহাইড্রেট	350 — 400 „
ক্যালসিয়ম	0·75 „
ফসফরস	1 — 1·25 „
লৌহ	0·008 —0·017 „
ক্যারোটিন	0·005 „
ভাইটামিন-এ	0·003 „
ভাইটামিন-বি	0·00165 „
ভাইটামিন-সি	0·05 — 0·06 „
ভাইটামিন-ডি	0·012 „
উত্তাপ উৎপাদন	2500 — 2800 ক্যালরি

নিম্নে পরিমাণসহ দৈনন্দিন খাদ্যের একটি তালিকা দেওয়া হইল যাহা হইতে সুষম খাদ্যের উপাদানগুলি উল্লিখিত অনুপাতে পাওয়া যায় :

খাদ্যের নাম	পরিমাণ
ঢেঁকিছাটা চা'ল	250—290 গ্রাম
লাল আটা	150—175 „
ডা'ল	60— 80 „
ডিম	1টি— 2টি
মাছ বা মাংস	100—120 গ্রাম
চিনি বা গুড়	50— 60 „
দুধ বা তাহা হইতে উৎপন্ন দ্রব্য	250—290 „
তেল, ঘি ইত্যাদি	50— 60 „
শাকসবজি	250—280 „
ফল	75— 100 „
জল	2500—3000 „

খাদ্য পরিপাক (Digestion of food): শরীরের যে অংশে খাদ্য হজম হয় তাহাকে পৌষ্টিক নালী বা পরিপাক যন্ত্র বলে। ইহা একটি লম্বা ফাঁপা নলের মত এবং মুখগহ্বর হইতে আরম্ভ করিয়া মলদ্বার পর্যন্ত বিস্তৃত। ইহা 7·5 মিটার হইতে 9·25 মিটার পর্যন্ত লম্বা; ইহার কোন কোন অংশ সরু ও কোন কোন অংশ মোটা এবং মাঝে মাঝে দেহের ভিন্ন ভিন্ন যন্ত্র হইতে সংযোজক প্রণালী আসিয়া ইহার সহিত যুক্ত হইয়াছে। সুতরাং কতিপয় উপনদী সমন্বিত একটি নদীর সহিত ইহাকে তুলনা করা যাইতে পারে।

মুখবিবর পরিপাক যন্ত্রের প্রথম অংশ। এখানে কঠিন খাদ্য দন্তদ্বারা চর্বিত ও পেষিত হইয়া থাকে। জিহ্বা দ্বারা আমরা খাদ্যের স্বাদ গ্রহণ করি। ইহা চর্বণকালে মুখগহ্বরে খাদ্য চলাচলে, খাদ্য পেষণে এবং লালার সহিত পেষিত খাদ্যের মিশ্রণে সাহায্য করে। খাদ্য চর্বণকালে, মুখরোচক খাদ্যের চিন্তায় ও জিহ্বাদ্বারা স্বাদ গ্রহণ করায় মুখগহ্বরসংলগ্ন ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র লালাগ্রন্থিসমূহ হইতে ক্ষারীয় গুণ যুক্ত লালারস ঝরিতে থাকে। ইহা শক্ত খাদ্যকে সরস করিয়া গলাধঃকরণে সাহায্য করে। তাহা ভিন্ন ইহাতে অবস্থিত টায়ালিন (Ptyalin) নামক অ্যামাইলেজ (Amylase) শ্রেণীর উৎসেচক (Enzyme) খাদ্যস্থিত শ্বেতসারের দ্রবণীয় মল্ট-শর্করায় আংশিক পরিবর্তনে সাহায্য করে। সাধারণতঃ খাদ্য মুখবিবরে মাত্র অল্প সময়ের জন্য অবস্থান করে। সেইজন্য শ্বেতসারের মল্ট-শর্করায় রূপান্তর মুখগহ্বরে বেশী দূর অগ্রসর হয় না। এই কারণেই শক্ত খাদ্যবস্তু ভালভাবে চিবাইয়া খাওয়া বিধেয়। চর্বিত খাদ্য মুখবিবর হইতে গ্রাসনালীর ভিতর দিয়া পেশীর ক্রিয়ায় পাকস্থলীতে (stomach) নীত হয়।

পাকস্থলী চামড়ার মশকের ন্যায় থলির আকৃতি বিশিষ্ট। গ্রাসনালী ইহার নলাকৃতি প্রবেশদ্বারের সহিত সংলগ্ন। ইহার মধ্যভাগ প্রসারশীল এবং অভ্যাসের ফলে প্রচুর পরিমাণে খাদ্য গ্রহণ করিয়া ফুলিয়া উঠিতে পারে। ইহার শেষ প্রান্তস্থিত নলাকৃতি নির্গমাংশ ক্ষুদ্রান্ত্রের (Small intestine) সহিত সংলগ্ন।

খাদ্য পাকস্থলীতে পৌঁছিবার পর, প্রায় 20 মিনিট হইতে 30 মিনিটকাল পর্যন্ত পাকস্থলী হইতে নিঃসৃত পাচক রসের প্রভাবে ইহা অম্লাক্ত হয় না। এই হেতু এখানেও এই সময়ে শ্বেতসারের টায়ালিনের সাহায্যে মল্ট-শর্করায় রূপান্তর চলিতে থাকে। তারপর আংশিক পরিবর্তিত খাদ্যবস্তু পাকস্থলীর পাচক রসে আম্লিক হইলে টায়ালিনের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়।

ভুক্তদ্রব্য পাকস্থলীর মধ্যবর্তী অংশে উপস্থিত হইলে তথায় অবস্থিত গ্রন্থিসমূহ হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং পেপসিন, লাইপেজ প্রভৃতি উৎসেচক যুক্ত

পাচক-রস ঝরিতে থাকে এবং পাকস্থলীর পেশীসমূহের সংকোচন ও প্রসারণে ভুক্তবস্তু মথিত হইবার সময় পাচক রসের সহিত ওতপ্রোত ভাবে মিশ্রিত হইবার ফলে অম্লাক্ত হইয়া যায়। তখন খাদ্যস্থিত প্রোটীন পেপসিনের প্রভাবে অপেক্ষাকৃত সরলতর ও দ্রবণীয় পেপটোনে পরিণত হয় এবং লাইপেজের প্রভাবে স্নেহপদার্থ বিশ্লিষ্ট হয়। ক্ষরিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রোটীনকে জীর্ণ করিতে সাহায্য করে ও পাকস্থলীকে জীবাণুশূন্য রাখে। ভুক্তদ্রব্য পাকস্থলীতে প্রায় 4-5 ঘণ্টাকাল থাকিতে দেখা যায়।

আংশিক জীর্ণ মণ্ডাকার ভুক্তদ্রব্য পাকস্থলীর নির্গমাংশ হইতে তৎসংলগ্ন গ্রহণী (Duodenum) নামক ক্ষুদ্রান্ত্রের প্রথমাংশে বারে বারে নিক্ষিপ্ত হয়। ক্ষুদ্রান্ত্র নলাকারও প্রায় 7 মিটার (প্রায় 21-23 ফুট) লম্বা। ইহা ভাঁজে ভাঁজে সাজান থাকে। ইহার গ্রহণী নামক অংশ ঘোড়ার খুরের মত বাঁকা ও প্রায় 28 সেন্টিমিটার (c. m.) লম্বা। এখানে ভুক্ত দ্রব্যের মণ্ড কিছু সময় অবস্থান করে। সেই সময়ে ইহার সঙ্গে অগ্ন্যাশয়ের (Pancreas) নালীবাহিত ক্ষারীয় গুণ বিশিষ্ট পাচক রস, যকৃৎ হইতে নিঃসৃত ও পিত্তথলী (Gallbladder) হইতে আগত পিত্ত (Bile) এবং ক্ষুদ্রান্ত্রের গাত্রস্থিত গ্রন্থিসমূহ হইতে ক্ষরিত কিছু পাচক রস মিশ্রিত হয়। এই তিনটি রস এক সঙ্গে মণ্ডের উপর ক্রিয়া করিয়া থাকে। অগ্ন্যাশয়জাত রস পিত্তস্থিত অ্যাসিড প্রশমিত করে যাহার ফলে পেপসিনের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। ইহাতে অবস্থিত অ্যামাইলেজ, লাইপেজ ও ট্রিপসিন যথাক্রমে কারবোহাইড্রেট, স্নেহ পদার্থ ও প্রোটীন জীর্ণ করে। পিত্ত খাদ্যের উক্ত তিন শ্রেণীর উপাদান হজম করিতে সাহায্য করে, স্নেহ পদার্থ হইতে উৎপন্ন মেদজ অ্যাসিডের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি করে ও ভুক্ত খাদ্যবস্তু রঞ্জিত করে। ক্ষুদ্রান্ত্র হইতে ক্ষরিত রসে অন্ততঃ পাঁচটি উৎসেচক আছে:—(১) এনটারো কাইনেজ (Enterokinase) ট্রিপসিনোজেনকে ট্রিপসিনে পরিণত করে; (২) ইরেপসিন (Erepsin) প্রোটীন ও পেপটোনের পাচন ক্রিয়া শেষ করিয়া উহাদিগকে অ্যামিনো অ্যাসিডে পরিণত করে এবং ইনভারটেজ, ম্যালটেজ ও ল্যাকটেজ, চিনি, মণ্ট শর্করা ও দুগ্ধ শর্করাকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিয়া গ্লুকোজে পরিণত করে।

গ্রহণী হইতে আংশিক জীর্ণ ভুক্ত দ্রব্য ক্ষুদ্রান্ত্রের অপর অংশে চলিয়া যায়। সেখানের পেশীসমূহের ক্রিয়ায় উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত হইয়া ক্ষুদ্রান্ত্রজাত পাচক রসের সহিত আরও নিবিড় ভাবে মিশ্রিত হয় যাহার ফলে ভুক্তদ্রব্যের পাচন ক্রিয়া প্রায় শেষ হইয়া যায়। পাচন ক্রিয়ার সঙ্গে সঙ্গে প্রোটীনজাত, পেপটোন,

পলিপেপটাইড ও অ্যামিনো অ্যাসিড, স্নেহপদার্থজাত মেদাম্ল ও গ্লিসারিণ ও বিভিন্ন কারবোহাইড্রেট জাত গ্লুকোজ ক্ষুদ্রান্ত্রের গাত্রের ভিতর দিয়া শোষিত হয়। ভুক্ত দ্রব্যের উপর ক্ষুদ্রান্ত্রের ক্রিয়া শেষ হইতে ৯ ঘণ্টা সময় লাগে। খাদ্যের অপাচ্য ও অশোষিত অংশ ক্ষুদ্রান্ত্রের অপর প্রান্তস্থিত কপাটকের (valve) ভিতর দিয়া বৃহদন্ত্রে প্রবেশ করে।

কোলন বৃহদন্ত্রের অপর নাম, ইহা ১·৫ মিটার লম্বা ও ক্ষুদ্রান্ত্র হইতে অপেক্ষাকৃত প্রশস্ত। এখানে কোন নূতন উৎসেচক দেখা যায় না। খাদ্যের অপরিপাচ্য অংশ, জীর্ণ খাদ্যের সামান্য অশোষিত অংশ এবং অনেকটা জল ক্ষুদ্রান্ত্র হইতে এখানে আসে। ইহার সংকোচন ও প্রসারণ ক্ষুদ্রান্ত্রের ঐরূপ ক্রিয়া অপেক্ষা অনেক মন্থর। সেইজন্য খাদ্যের জলীয় অংশ ও জীর্ণ খাদ্যের অশোষিত অংশ ইহার গাত্রের ভিতর দিয়া শোষিত হইবার সময় পায়। ক্ষুদ্রান্ত্র হইতে আগত খাদ্যাবশেষ এখানে সাধারণতঃ প্রায় ২৪ ঘণ্টা থাকে। জল কমিয়া যাওয়ায় খাদ্যের অপাচ্য ও দুষ্পাচ্য অংশ অপেক্ষাকৃত কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং পিত্তস্থিত রঞ্জক দ্বারা রঞ্জিত হইয়া মলে পরিণত হইবার পর বৃহদন্ত্র হইতে মলাধারে (Rectum) নির্গত হয়। মলাধার প্রায় 12 সি. এম (c. m) লম্বা এবং ইহা মলদ্বার বা পায়ুর (Anus) সহিত সংলগ্ন। মলদ্বার সাধারণতঃ সংকোচনশীল পেশীর দ্বারা বন্ধ থাকে। মলত্যাগের বেগ উপস্থিত হইলে মলদ্বারের পেশী প্রসারিত হয় ও তাহার ফলে মল দেহ হইতে নির্গত হয়।

রক্ত জীর্ণ খাদ্যাংশগুলি দেহের বিভিন্ন কোষ ও কলা (Tissue) গুলিতে যেমন বহন করিয়া লইয়া যায় তেমনি ইহাদের ব্যবহারোপযোগী বাতাসের অক্সিজেনও লোহিত কণিকার সাহায্যে যোগাইয়া থাকে। ইহা ভিন্ন কলা ও কোষ সমূহের বিক্রিয়াজাত বর্জনীয় দ্রব্যগুলিও ইহা শ্বাসযন্ত্র, উপস্থ ও ত্বকের ঘর্মগ্রন্থির সাহায্যে শরীর হইতে বাহির করিয়া দেয়।

দেহের প্রয়োজনাতিরিক্ত জীর্ণ কারবোহাইড্রেট ও স্নেহপদার্থ দেহে... বিভিন্ন অংশে সঞ্চিত থাকে। শোষিত কারবোহাইড্রেটের যে অংশ তাপ ও ...ক্তি উৎপাদনে ব্যয়িত হয় না তাহা গ্লাইকোজেনরূপে যকৃৎ ও পেশী...তে সঞ্চিত থাকে এবং উপবাস বা অতিরিক্ত পরিশ্রমের সময় উহা পুনরায় ...জে পরিণত হইয়া তাপ ও শক্তি উৎপাদন করে। অতিরিক্ত স্নেহপদা...দ রূপে উদরের সম্মুখস্থ চর্মের নীচে অবস্থান করে এবং ইহাও উপবা... অত্যধিক পরিশ্রমের সময় তাপ ও শক্তি উৎপাদনে ব্যয়িত হয়।

প্রশ্নমালা

১। আমাদের দেহের পুষ্টিসাধক ও রক্ষাকারী খাদ্যের উপাদানগুলির নাম উল্লেখ কর। দেহের উপর তাহাদের ক্রিয়া সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

২। খাদ্য হিসাবে প্রোটীন জাতীয় দ্রব্য আমাদের কি উপকারে আসে? প্রোটীন কয় প্রকার? কি ভাবে ও কোথায় ইহা হজম হয়? একজন প্রাপ্তবয়স্ক ব্যক্তির দৈনিক কতটা প্রোটীন খাওয়া উচিত?

৩। শরীরের উপর স্নেহ পদার্থের কি কাজ? স্নেহ পদার্থ কয় প্রকার? স্নেহ পদার্থে কি কি ভাইটামিন বিদ্যমান? কিভাবে স্নেহপদার্থ শরীরে জীর্ণ হয়?

৪। কারবোহাইড্রেট-খাদ্যের কি প্রয়োজন? কিভাবে ও শরীরের কোন্ কোন্ অংশে ইহা হজম হয়? প্রয়োজনাতিরিক্ত কারবোহাইড্রেট শরীর কিভাবে গ্রহণ করে?

৫। জল ও খনিজ পদার্থ আমাদের শরীর ধারণের পক্ষে কি প্রয়োজন?

৬। ভাইটামিন সম্বন্ধে যাহা জান তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৭। সুষম খাদ্য বলিতে কি বুঝায়? উপাদান সমূহের পরিমাণ সহ জীবন ধারণের পক্ষে দৈনিক প্রয়োজন এমন একটি সাধারণ সুষম খাদ্যের তালিকা দাও।

৮। খাদ্যের বিভিন্ন উপাদান আমাদের দেহ মধ্যে কিভাবে হজম হয় তাহার একটি নাতিদীর্ঘ বর্ণনা দাও।

নির্দেশিকা (Index)

(ইংরেজী প্রতিশব্দসহ)

ক

ত

ফ

ব

য

র

ল

শ

স

হ

শুদ্ধিপত্র

পৃষ্ঠা	পংক্তি	অশুদ্ধ	শুদ্ধ
৩৫	৩১	অবস্থি	অবস্থিত
৩৯	৯	Inobstructibility	Indestructibility
"	২৫	অযথা	অথবা
৫৬	২	$C_{18}H_{22}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$
৬৭	১৯	গ্যাসায়	গ্যাসীয়
৭৬	৫	NH_4NO_2 $=N_2+2H_2O$	NH_4NO_3 $=N_2O+2H_2O$
৭৭	১০	56	28
১৫১	১৫	অম্লীকৃত	অম্লীকৃত
১৬৩	৪	পারমাণীয়	পরিমাণীয়
"	৯	থেনার্ভ	থেনার্ড
১৭৭	৩০	বিক্রয়ারই লওয়	বিক্রিয়ারই লওয়া
১৮১	১৫	ক্যালসিয়ম সালফেট	ক্যালসিয়ম কারবনেট ও অতিরিক্ত ক্যালসিয়ম সালফেট
"	২৬	ঝলাই	ঝাল
১৮৫	১১	উইপন্ন	উৎপন্ন
"	"	অক্সাড	অক্সাইড
২০৭	১০	বক্রিয়া	বিক্রিয়া
২১৯	১৮	O_3	O_2
২২৫	২০	জিঞ্ক	জিঙ্ক
২২৬	২৫	পাখার	পাখীর
২৩৭	২৯	$2H_2SO_2$	$2H_2SO_4$
২৪৩	২৭	2HNO	$2HNO_3$

পৃষ্ঠা	পংক্তি	অশুদ্ধ	শুদ্ধ
২৮৫	১৯	HO	H_2O
”	৩১	$3H_2O$	$3H_2$
২৯৫	৬	গলনাঞ্চ	গলানাঙ্ক
২৯৬	৩	$MCaCO_3$	$CaCO_3$
”	১৪	CO^2	CO_2
৩০০	২২	CO	2CO
৩১২	১০	C_2H_3OH	C_2H_5OH
”	২৫	Cl_4	CCl_4
”	২৬	$C_2H_2Br_2$	$C_2H_4Br_2$
৩১৮	৩	fremented	fermented
”	২৭	প্রাসাধন	প্রসাধনী
৩২০	৬	অ্যাকাইল	অ্যালকাইল
”	১০	অ্যাকাইল	অ্যালকাইল
৩২১	২৩	প্ল্যাসষ্টীক	প্ল্যাসটিক
৩২২	১০	মারমিউরিক	মারকিউরিক
৩২৬	১৫	সর্কা	সির্কা